

Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus ja puhdistaminen sairaaloiden vuodeosastoilla

Loppuraportti

Työterveyslaitos, Laadukas sisäympäristö -teema
Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos
Tampereen ammattikorkeakoulu



Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus ja puhdistaminen sairaaloiden vuodeosastoilla

Loppuraportti

Rauno Holopainen, Kari Salmi, Eeva-Liisa Hintikka,
Pirjo Kekäläinen, Erkki Kähkönen, Sanna Lappalainen,
Raimo Niemelä, Kari Reijula
Työterveyslaitos, Laadukas sisäympäristö -teema

Vesa Asikainen, Pentti Kalliokoski, Pertti Pasanen
Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos

Leila Kakko
Tampereen ammattikorkeakoulu

Työterveyslaitos
Laadukas sisäympäristö -teema
Arinatie 3 A
00370 Helsinki

Kansi
Arja Tarvainen

Kannen kuva
Rauno Holopainen

© Työterveyslaitos ja kirjoittajat

ISBN 978-952-261-018-8 (nid.)
ISBN 978-952-261-019-5 (PDF)
ISSN 1458-9311

Tammerprint Oy 2010

ESI PUHE

Sosiaali- ja terveysministeriö teetti vuosina 2002–2004 selvityksen sairaalarakennusten kunnosta, ilmanvaihdon toiminnasta ja sairaalatyöntekijöiden kokemista työympäristöhaitoista. Professori Kari Reijulan johdolla tehdyssä selvityksessä sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien hygieniassa, kunnossa ja toiminnassa havaittiin olevan parannettavaa. Työntekijät kokivat jatkuvaa työympäristöhaittaa useammin kuin toimistotyöntekijät, joiden työoloista oli raportoitu aiemmin. Ilmanvaihtojärjestelmien säännöllinen huolto ja ilmanvaihdon oikea käyttö ovat keskeisessä asemassa, kun halutaan vähentää koettuun sisäilman laatuun liittyviä oireita ja valituksia.

Sairaaloiden ilmanvaihtokanavistojen puhtaus ja puhdistuksessa leviävien epäpuhtauksien hallinta (SAIKAPU) -hankkeessa selvitettiin sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien hygieniää ja puhdistustyön toteutusta neljän sairaalan vuodeosastolla. Tutkimusta rahoittivat Työsuojelurahasto (108065 Tutkimus- ja kehitystoiminta), Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tilakeskus, HUS-Kiinteistöt Oy, Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin kuntayhtymä, Are Oy ja Fläkt Woods Oy.

Hankkeen toteutusta valvoi johtoryhmä, jonka puheenjohtajana toimi käyttöpäällikkö Kalevi Pyysalo Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tilakeskuksesta. Johtoryhmätyöskentelyyn osallistuivat johtaja Riitta-Liisa Lappeteläinen (Työsuojelurahasto), kiinteistöpalvelupäällikkö Jukka Hakkila (HUS-Kiinteistöt Oy), tekninen isännöitsijä Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt Oy), sairaalainsinööri Mikko Rissanen (Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin kuntayhtymä), aluepäällikkö Mirka Vesaniemi (Are Oy), tuotekehityspäällikkö Jari Hokkanen (Fläkt Woods Oy), professori Kari Reijula (Työterveyslaitos), teknologiajohtaja Raimo Niemelä (Työterveyslaitos), ELT Eeva-Liisa Hintikka (Työterveyslaitos/työskentelyoikeudet), laboratoriopäällikkö Erkki Kähkönen (Työterveyslaitos), laboratoriopäällikkö Sanna Lappalainen (Työterveyslaitos), erikoistutkija Pirjo Kekäläinen (Työterveyslaitos), erikoistutkija Rauno Holopainen (Työterveyslaitos), työhygieenikko Kari Salmi (Työterveyslaitos), professori Pertti Pasanen (Itä-Suomen yliopisto), professori Pentti Kalliokoski (Itä-Suomen yliopisto) ja tutkija Vesa Asikainen (Itä-Suomen yliopisto). Hankkeen projektipäällikkönä toimi Rauno Holopainen.

Loppuraportin kirjoittajat lausuvat parhaimmat kiitokset tutkimuksen rahoittajille, johtoryhmälle ja tutkimustyöhön osallistuneille henkilöille. Kirjoittajat kiittävät lämpimästi infektiosairauksien erikoislääkäri Veli-Jukka Anttilaa (HUS) ja toiminnanjohtaja Jorma Säteriä (Sisäilmayhdistys ry) loppuraportin arvioinnista sekä kustannustoimittaja Mari Purolaa ja englannin kielen toimittaja Alice Lehtistä (Työterveyslaitos) raportin kielen tarkastuksesta. Lisäksi kirjoittajat kiittävät Helsingin yliopiston kansanterveystieteen osaston mikrobiologian laboratoriota patogeenisten bakteerien analysoinnista, Työterveyslaitoksen työympäristömikrobiologian laboratoriota pölynäytteiden analysoinnista ja Metropolilaboratoriota homesienten analysoinnista.

Helsingissä lokakuussa 2010

Tekijät

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	7
ABSTRACT	9
1 JOHDANTO	11
2 TAVOITTEET	13
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	14
3.1 Tutkimukseen valitut vuodeosastot	14
3.1.1 Sairaala A	14
3.1.2 Sairaala B	14
3.1.3 Sairaala C	14
3.1.4 Sairaala D	14
3.2 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusmenetelmät ja -järjestys	15
3.3 Aloituskokous ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksesta	16
3.4 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus	17
3.4.1 Sairaala A	17
3.4.2 Sairaala B	18
3.4.3 Sairaala C	18
3.4.4 Sairaala D	19
3.5 Ilmanvaihtojärjestelmien puhtauden ja kunnon arviointi	21
3.6 Ilmanvaihtojärjestelmien mikrobimittaukset	21
3.7 Hiukkas- ja paine-eromittaukset	22
3.8 Tulo- ja poistoilmavirtamittaukset	22
3.9 Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin mikrobimittaukset	22
3.10 Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin kondenssimittaukset	23
3.11 Siivottavien pintojen likaantumiseen liittyvät pöly- ja kuitumittaukset	24
3.12 Haastattelut	24
4 TULOKSET	25
4.1 Sairaaloiden tulo- ja poistoilmajärjestelmien puhtaus ja kunto	25
4.2 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutus mikrobipitoisuuksiin	26
4.2.1 Näytteet tulo- ja poistoilmakanavien pinnoilta	26
4.2.2 Näytteet tuloilmasta	26
4.2.3 Näytteet huoneiden pinnoilta	27
4.2.4 Käytävän ilmanäyte	28
4.2.5 Patogeenisten bakteerien esiintyminen ilmanvaihtokanavissa	28
4.3 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutus I/O-suhteen ja paine-eron vaihteluun	28
4.3.1 Sairaala A	28
4.3.2 Sairaala B	29
4.3.3 Sairaala C	30
4.4 Hiukkasten irtoaminen puhdistetusta tuloilmajärjestelmästä	32
4.5 Tulo- ja poistoilmavirtojen poikkeama suunnitteluarvoista	35
4.5.1 Ilmanvaihdon päiväaikainen käyttö	35
4.5.2 Ilmanvaihdon yöaikainen käyttö	35
4.6 Jäähdytyspalkkitutkimus	36
4.6.1 Jäähdytyspalkkien puhtaus ja puhdistettavuus	36
4.6.2 Jäähdytyspalkkien puhdistuksen vaikutus sisäilman hiukkaspitoisuuteen	36

4.6.3	Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin mikrobimittaukset	39
4.6.4	Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin kondenssimittaukset	39
4.7	Siivottavien pintojen likaantuminen puhdistustyön aikana	40
4.7.1	BM-Dustdetector-pintapölymittari	40
4.7.2	Musta siivouspyyhe ja ultraviolettivalo	41
4.7.3	Siivottavien pintojen mineraalikuitukertymät	41
4.8	Haastattelut	42
4.8.1	Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnossapidosta vastaavat esimiehet	42
4.8.2	Osastonhoitajat	42
4.8.3	Siivoustyönjohtajat ja siivoajat	44
4.8.4	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajat	44
5	TULOSTEN TARKASTELU	46
5.1	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus	46
5.2	Sairaaloiden tulo- ja poistoilmajärjestelmien puhtaus ja kunto ..	47
5.3	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutus mikrobipitoisuuksiin	49
5.4	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutus I/O-suhteen ja paine-eron vaihteluun	50
5.5	Hiukkasten irtoaminen puhdistetusta tuloilmajärjestelmästä	51
5.6	Tulo- ja poistoilmavirtojen poikkeama suunnitteluarvoista	52
5.6.1	Ilmanvaihdon päiväaikainen käyttö	52
5.6.2	Ilmanvaihdon yöaikainen käyttö	53
5.7	Jäähdytyspalkkitutkimus	53
5.7.1	Jäähdytyspalkkien puhtaus ja puhdistettavuus	53
5.7.2	Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin mikrobimittaukset	55
5.7.3	Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin kondenssimittaukset	56
5.8	Siivottavien pintojen likaantuminen puhdistustyön aikana	56
5.9	Haastattelut	57
6	YHTEENVETO	58
	LÄHTEET	64
	LIITTEET	68
	Liite 1: Asetuksen 802/2001 tulkinta (SMDno/2009/3142)	69
	Liite 2: Aloituskokouksen asialista (sairaala D)	70
	Liite 3: SAIKAPU-hankkeessa tehty puhdistus- ja tasapainotustyöt ..	71
	Liite 4: Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöiden kirjauslomake	72
	Liite 5: Ilmavirtojen tasapainotustöiden kirjauslomake	73
	Liite 6: Haastattelulomake puhdistuksesta vastaaville esimiehille	74
	Liite 7: Haastattelulomake osastonhoitajille	80
	Liite 8: Haastattelulomake siivoustyönjohtajille	82
	Liite 9: Haastattelulomake siivoajille	84
	Liite 10: Haastattelulomake ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajille ..	86
	Liite 11: Sairaaloiden IV-puhdistuksessa huomioitavia tekijöitä	91
	Liite 12: Yhteenveto ilmavirtamittauksista sairaalassa A	107
	Liite 13: Yhteenveto ilmavirtamittauksista sairaalassa B	111
	Liite 14: Yhteenveto ilmavirtamittauksista sairaalassa C	114
	Liite 15: SAIKAPU-hankkeen julkaisut	116

TIIVISTELMÄ

Ilmanvaihtojärjestelmiin kertyy rakentamisen ja käytön aikana epäpuhtauksia, jotka saattavat erityisesti yhdessä järjestelmään päässeiden kosteuden kanssa aiheuttaa sisäilmaongelmia. Järjestelmiin kertyvät epäpuhtaudet saattavat lisäksi heikentää järjestelmien paloturvallisuutta, kasvattaa energian kulutusta sekä aiheuttaa laitteiden toimintahäiriöitä. Ilmanvaihtojärjestelmien säännöllinen puhdistaminen ja puhdistamisen yhteydessä tehtävä ilmavirtojen tasapainottaminen ovat huoltotoimenpiteitä, jotka osaltaan ylläpitävät terveellistä, turvallista, viihtyisää ja energiataloudellista sisäilmastoa rakennuksissa.

Tutkimuksessa selvitettiin sairaaloiden vuodeosastojen ilmanvaihtojärjestelmien puhtautta ja kuntoa, ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutusta sisäilman hiukkaspitoisuuteen, siivottavien pintojen likaantumiseen ja tuloilmajärjestelmien hiukkaspäästöön sekä puhdistustyön jälkeistä ilmavirtojen tasapainotustarvetta. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin sairaaloiden vuodeosastoille asennettujen jäähdytyspalkkien puhtautta ja puhdistettavuutta.

Tutkimukseen valittujen vuodeosastojen ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytyspalkit puhdistettiin tavanomaisena määräaikaishuoltuksena sairaaloiden ja puhdistajien omien toimintatapojen mukaisesti. Vuodeosastojen ilmanvaihtojärjestelmät edustivat tyypillisiä 1980–2000-luvuilla sairaaloihin asennettuja järjestelmiä. Tutkimuksen aikana haastateltiin osastonhoitajia, sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnosta vastaavia esimiehiä, sairaaloiden siivoustyönjohtajia ja siivoojia sekä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajia.

Sairaaloiden vuodeosastojen tuloilmajärjestelmissä, jotka oli puhdistettu noin viisi vuotta aiemmin, oli havaittavissa rakennusaikaisen likaantumisen lisäksi vain vähäistä käytöstä aiheutunutta likaantumista. Sen sijaan noin 25 vuotta aiemmin asennettu tuloilmakanavisto, jota ei ollut puhdistettu asentamisen jälkeen, oli likaantunut sekä rakentamisen että käytön aikana kertyneistä epäpuhtauksista. Noin viisi vuotta aiemmin puhdistettuihin vuodeosastojen poistoilmajärjestelmiin oli kertynyt lähinnä käytönaikaista epäpuhtautta. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön yhteydessä havaittiin laitevikoja ja korjauskohteita, joiden kunnostaminen voi parantaa järjestelmien toimintaa ja hygieniaa.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana sisä- ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu oli suurempaa kuin ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja sen jälkeen. Puhdistustyö suurensi erityisesti 1–5 µm kokoisten hiukkasten vaihtelua. Puhdistustyö vaikutti myös huonetilojen ja ulkoilman välisen paine-eron vaihteluun. Huonetilojen liiallista ja pitkäaikaista alipaineistamista olisi vältettävä puhdistustyön aikana.

Jäähdytyspalkkien puhdistukseen käytetty polynimuri oli merkittävä pienhiukkaslähde. Puhdistustyössä käytettävät polynimurit tulee varustaa riittävän korkean erotusasteen hiukkassuodattimilla. Lisäksi puhdistustyöhön käytettävät laitteet tulee olla huollettuja, turvallisia ja sairaalakäyttöön sopivia.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyö lisäsi siivottavien pintojen likaantumista. Silmämääräiset havainnot tukivat mittaustuloksia. Alakattojen avaaminen oli yksi pölyävä ja pintoja likaava työvaihe puhdistustyössä.

Tuloilmakoneen käynnistäminen ja koneen äkillinen pyörimisnopeuden muutos irrottivat hiukkasia puhdistetusta tuloilmajärjestelmästä. Hiukkasia irtosi sekä tuloilmakoneesta että -kanavista. Hiukkasten irtoaminen näyttäisi olevan suhteellisen lyhytaikaista tuloilmakoneen käynnistytyn jälkeen. Tuloilmakoneen tarpeetonta pysäytystä ja käynnistämistä olisi kuitenkin vältettävä.

Sairaaloiden vuodeosastoille asennetut jäähdytyspalkit likaantuvat käytön aikana. Jäähdytyspalkkien säännöllinen puhdistaminen edistää palkkien oikeaa toimintaa. Jäähdytyspalkkien puhdistettavuutta tulisi parantaa siten, että palkkien likaantuvat osat olisivat helposti irrotettavissa pesua tai muuta huoltotyötä varten. Jäähdytyspalkkien jäähdytysveden lämpötilan säädön tulee toimia siten, että vältetään kondenssin muodostuminen palkkien pinnoille.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöt tulisi ajoittaa sairaaloiden vuodeosastoilla siten, että puhdistettavat osastot ovat tyhjiä puhdistustöitä tehtäessä. Osa ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöistä joudutaan käyttännön syistä tekemään henkilökunnan ja potilaiden ollessa osaston tiloissa. Puhdistustöiden tekeminen osaston normaalin toiminnan aikana edellyttää osaston- ja hygieniahoitajan, sairaalan teknisen toimen ja laitoshuollon sekä puhdistajien tiivistä ja hyvää yhteistyötä. Yhteistyössä tulee panostaa riittävään ja tarkkaan tiedottamiseen.

Jo vanhentuneen, mutta edelleen ohjeena käytettävän Sisäasiainministeriön asetuksen 802/2001 mukaan sairaaloiden ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot on puhdistettava vähintään viiden vuoden välein. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen huonetilojen ilmapirrat on tasapainotettava vastaamaan suunniteltuja arvoja. Ilmavirtojen tasapainotus ei kuitenkaan takaa huonetiloihin suunnitelman mukaista ilmanvaihtoa, jos ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa tai toteutuksessa on puutteita tai jos ilmanvaihtoa ei käytetä suunnitelman mukaisella tavalla.

ABSTRACT

Dust and other impurities accumulate in ventilation systems during their installation and use. Accumulated dust and impurities, especially when combined with moisture, may weaken supply air quality and cause problems for the occupants of buildings. Furthermore, accumulated dust in ventilation systems may weaken fire safety, increase energy consumption and cause functional disorders in the system devices. Regular cleaning and balancing of the airflows are an important part of the maintenance routine of ventilation systems, all which help maintain a healthy, safe and comfortable indoor climate in hospitals.

The aim of the study was to evaluate the cleanliness and condition of the ventilation systems in hospital wards, the effect of duct cleaning on the particle concentration of indoor air, on the dust accumulation of the room surfaces, and on the particle emission of the supply air system, as well as the need for balancing airflows after duct cleaning. We also studied the cleanliness and cleanability of the cooling beams installed in the hospital wards.

The studied ventilation systems and cooling beams of the hospital wards were cleaned at the usual cleaning intervals, according to the hospitals' and duct cleaners' own methods. The ventilation systems were typical systems that had been installed during the 1980s and 2000s in Finnish hospital wards. Head nurses, superiors responsible for the maintenance of the ventilation systems of hospitals and for room cleaning, cleaners, and duct cleaners were interviewed during the study.

The amount of accumulated dust and impurities was relatively low in supply air ducts that had been cleaned about five years ago. In contrast, it was high in those that had been installed 25 years ago and not been cleaned after the installation. The amount of dust was also relatively high in exhaust air ducts that had been cleaned five years ago. During cleaning work, many faults were found in the hospital ventilation systems; repairing these may improve the operation and hygiene of the systems.

During the cleaning of ventilation systems, the variation of the particles' I/O-ratio was higher than both before and after the cleaning work. Particle size ranging between 1 and 5 μm in particular varied greatly during the cleaning work. The cleaning work was also affected by the variation of the pressure difference between indoor and outdoor air. Excessive and extended underpressure of rooms should be avoided during cleaning work.

The vacuum cleaner used to clean cooling beams was a significant fine particles source. These vacuum cleaners must be equipped with filters of which particle collection efficiency is sufficiently high. In addition, devices that are used in the cleaning work must be services, safe, and suitable for hospital use.

The cleaning of ventilation systems increased dust accumulation on the floor and other plane surfaces. A visual estimation supported the measured results. Opening a suspended ceiling during cleaning work increases dust and dirt on surfaces.

The start-up and sudden change in the rotational speed of the supply air fan loosened particles from the cleaned supply air system: both from the supply air unit and from the supply air ducts. Although this loosening of particles after the start-up of the supply air fan does not last long, the unnecessary turning on and off of the ventilation systems should nonetheless be avoided.

The cooling beams installed in the hospital wards get dirty during use. Regular cleaning helps them work effectively. The cleanability of cooling beams is improved if the parts of the beams which get dirty during use can be easily removed for cleaning or for other maintenance work. The temperature control of the cooling water should operate in such a way as to avoid the formation of condensation on the surfaces of the cooling beams.

The cleaning of the ventilation systems should be timed so that hospital wards are empty. However, for practical reasons, some cleaning work has to be carried out when the wards are occupied. This requires good co-operation between the head nurse, the infection control nurse, the hospital engineer, cleaners, and duct cleaners. Information exchange should be adequate and accurate.

Regulation 802/2001 of the Ministry of the Interior, although outdated, is still used. It requires that the ventilation ducts and equipment of hospitals are cleaned at least every five years. After the cleaning of premises' ventilation systems, airflows must be balanced to correspond to the planned values. However, the balancing of airflows does not necessarily guarantee the correct ventilation of facilities as planned, if the ventilation system design or implementation is not complete, or if ventilation is used incorrectly.

1 JOHDANTO

Sosiaali- ja terveysministeriö teetti vuosina 2002–2004 selvityksen sairaalarakennusten kunnosta, ilmanvaihdon toimivuudesta ja sisäilman laadusta sekä niiden vaikutuksesta työntekijöiden ja potilaiden terveyteen (Reijula 2005). Selvityksen mukaan yleisimpiä ilmanvaihdon ongelmia olivat ohjeistuksen puute, riittämätön ilmanvaihto, sisäilman korkeat lämpötilat, hallitsemattomat ilmavirtaukset, huonetilojen väliset ei-toivotut paine-erot, kohdepoistojen puute ja ilmanvaihtojärjestelmien puutteellinen hygienia. Työntekijät (n=3811) kokivat jatkuvaa työympäristöhaittaa kuivasta (46 %) ja tunkkaisesta ilmasta (40 %), melusta (30 %) ja vedosta (27 %). Työntekijät kärsivät viikoittain nenän (25 %), käsien (24 %) ja silmien ärsytyksestä (23 %) sekä väsymyksestä (21 %). Valitukset ja oireilu olivat yleisempiä kuin esimerkiksi toimistotyöntekijöillä oli aikaisemmin raportoitu.

Ilmanvaihdolla ja ilmavirtauksilla on merkittävä rooli ilmateitse leviävien tartuntatautien leviämisessä (Li ym. 2007). Tästä on esimerkkinä isorokon leviäminen sairaalan eritystilasta sairaalan muihin potilashuoneisiin eritystilaa tuuletettaessa (Wehrle ym. 1970) ja SARS-infektion leviäminen ilmavirtausten mukana potilasosaston sisällä (Li ym. 2004). Ilmanvaihdon toimintaan ja epäpuhtauksien hallintaan tuleeikin sairaaloissa kiinnittää erityistä huomiota.

Ilmanvaihtojärjestelmiin kertyy rakentamisen ja käytön aikana epäpuhtauksia, jotka saattavat yhdessä sinne päässeessä kosteudessa aiheuttaa vakavia sisäilmaongelmia. Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmiin voi myös kulkeutua patogeeneja eli sairautta aiheuttavia mikrobeja. Sairaalan toiminta edellyttää ilmanvaihtojärjestelmien säännöllistä puhdistamista, joka osaltaan ylläpitää tuloilman riittävää hygieniaa.

Sairaloissa ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot puhdistetaan joko potilaiden ollessa huonetiloissa tai huoneta tai koko osasto tyhjennetään puhdistustyön ajaksi. Käytännöt vaihtelevat ja ovat osasto- ja sairaalakohtaisia. Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksesta ei ole olemassa kansallisia ohjeita.

Eräissä Suomen sairaanhoitopiirissä kiinteistön huollosta vastaavat henkilöt ja infektiolääkärit ovat epäilleet, että tuloilmakanavista irtoaa puhdistustyön irrottamia epäpuhtauksia vielä puhdistustyön jälkeen (VALSAI 2008). Tästä aiheutuvan hygieniariskin on arvioitu olevan jopa suurempi kuin kanavien puhdistamatta jättämisen aiheuttama riski. Vastaavan tyyppistä epäilyä on esitetty myös kirjallisuudessa (Zuraimi 2010). Tämän vuoksi osassa sairaaloita kanavien puhdistus on rajoitettu poistoilmakanavien puhdistukseen.

Sairaaloiden huonetilojen jäähdytystarve on kasvanut sisäisten lämpökuormien kasvaessa. Peruskorjausten yhteydessä sairaaloiden huonetiloihin on asennettu jäähdytyslaitteita kuten jäähdytyspalkkeja, joita käytetään yleisesti toimistorakennuksissa huonetilojen jäähdytykseen. Jäähdytyspalkkien pinnoille ei tiivisty vettä, jos palkin jäähdytysveden lämpötilan säätö toimii tarkoituksenmukaisella tavalla. Palkkien kondenssiriski on suurin silloin, kun ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat korkeita ja samaan aikaan rakennuksen sisätiloissa on suuri jäähdytystehon tarve. Jäähdytyspalkkien hygieniasta ja palkeissa mahdollisesti esiintyvistä mikrobeista on vain vähän julkaistua tietoa.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöiden yhteydessä havaitaan usein laitevikoja, huollon laiminlyöntejä ja muita epäkohtia, joiden kunnostamisella voidaan parantaa järjestelmien toimintaa ja hygieniää. Kirjallisuudessa ei ole kuitenkaan esitetty riittävää näyttöä siitä, että ilmanvaihtokanavien puhdistus vaikuttaisi sisäilman laatuun, tilojen käyttäjien oireisiin, ilmanvaihtojärjestelmien energiankulutukseen, ilmavirtoihin tai järjestelmien toimintahäiriöihin (Zuraimi 2010). Joissakin tutkimuksissa sisäilman hiukkaspitoisuus on ollut puhdistustyön jälkeen korkeammalla tasolla kuin ennen puhdistusta. Puhdistustyössä käytettävien desinfiointi-, pinnoitus- ja kapselointiaineiden käytön turvallisuutta tulisi selvittää tarkemmin.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ohjannut Sisäasiainministeriön asetus 802/2001 on vanhentunut vuoden 2006 lopussa (SMDno2009/3142, liite 1). Asetusta ei ole uusittu, koska Sisäasiainministeriön Pelastusosasto on katsonut, ettei ilmanvaihtokanavien ja laitteiden puhdistaminen vaikuta merkittävästi ilmanvaihtojärjestelmien paloturvallisuuteen (Rahikainen 2009, Olamo 2010). Tämän näkemyksen taustalla on mm. VTT:n 1970- tai 1980-luvulla tekemä tutkimus, jossa on selvitetty ilmanvaihtokanavien pinnoille kertyvien epäpuhtauksien syttymistä ja palamista. On mahdollista, ettei asetusta (802/2001) tulla enää uusimaan. Asetusta voidaan kuitenkin käyttää ohjeena tulkittaessa Pelastuslain 468/2003 mukaisia ilmanvaihtolaitteiden kunnossapitovälineitä.

Asetuksen 802/2001 mukaan sairaaloiden ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot on puhdistettava vähintään viiden vuoden välein. Puhdistuksen jälkeen järjestelmä- ja tilakohtaiset ilmavirrat on tarkastettava mittauksin. Mikäli järjestelmäkohtaiset ilmavirrat poikkeavat yli $\pm 10\%$ tai tilakohtaiset ilmavirrat yli $\pm 20\%$ suunnitteluarvoista, on ilmavirrat tasapainotettava vastaamaan suunnitteluarvoja. Ilmavirtamittausten yhteydessä tulee myös tarkastaa, että rakennuksen tilojen väliset paineerot ovat tarkoituksenmukaiset (SFS 5512).

2 TAVOITTEET

Tutkimuksessa selvitettiin sairaaloiden vuodeosastojen ilmanvaihtojärjestelmien puhtautta ja kuntoa. Lisäksi tutkittiin ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutusta sisäilman hiukkaspitoisuuteen, siivottavien pintojen likaantumiseen ja tuloilmajärjestelmien hiukkaspäästöön sekä puhdistustyön jälkeistä ilmavirtojen tasapainotustarvetta. Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi sairaaloiden vuodeosastoille asennettujen jäähdytyspalkkien puhtautta ja puhdistettavuutta. Hanke tehtiin neljässä erillisessä osaprojektissa yhteistyössä Työterveyslaitoksen ja Itä-Suomen yliopiston kanssa. Osaprojektien tavoitteet olivat seuraavat:

Osaprojektin 1 tavoitteena oli arvioida sairaaloiden vuodeosastojen tulo- ja poistoilmajärjestelmien puhtautta ja kuntoa. Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnosta vastaavia esimiehiä haastateltiin joko ennen puhdistusta tai sen jälkeen. Järjestelmien kunnan arvioinnissa pääpaino oli ilmansuodattimien kunnan, erotusasteen ja tiiviynen sekä äänenvaimentimien pintojen eheyden tarkastamisessa. Pölykertymämittauksien yhteydessä järjestelmien puhtautta ja kuntoa arvioitiin silmämääräisesti ja tulokset kirjattiin puhtaudentarkastuslomakkeille. Osaprojektin 1 vastuu oli Itä-Suomen yliopistolla.

Osaprojektin 2 tavoitteena oli selvittää, aiheuttaako ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyö merkittäviä hiukkaspäästöjä sisäilmaan ja leviääkö hiukkasmaisia epäpuhtauksia ympäröiviin tiloihin puhdistustyön aikana. Lisäksi selvitettiin ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen vaikutusta siivottavien pintojen likaantumiseen ja puhdistustyön jälkeistä ilmavirtojen tasapainotustarvetta. Ulko- ja sisäilman hiukkaspitoisuutta mitattiin tutkimukseen valituissa huonetiloissa hiukkaskokoluokittaisilla mittauksilla. Ulkoilman ja huonetilojen välistä paine-eroa mitattiin samanaikaisesti hiukkasmittausten kanssa. Siivottavien pintojen likaantumista arvioitiin silmämääräisesti ja pintojen pölyisyyttä mitattiin optisella pintapölymittarilla. Huonetilojen ilmavirrat mitattiin ennen puhdistusta ja uudelleen puhdistuksen jälkeen. Osaprojektin 2 vastuu oli Työterveyslaitoksella.

Osaprojektin 3 tavoitteena oli selvittää, irtoaako puhdistetuista tuloilmakanavista tai muista järjestelmän osista merkittävässä määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia tuloilmakoneen käynnistyksen yhteydessä. Puhdistetun tuloilmajärjestelmän hiukkaspäästöjä arvioitiin pysäyttämällä ja käynnistämällä tuloilmakoneen puhallin järjestelmän puhdistuksen jälkeen. Ulko- ja tuloilman hiukkaspitoisuutta mitattiin hiukkaskokoluokittaisilla mittauksilla. Osaprojektin 3 vastuu oli Itä-Suomen yliopistolla.

Osaprojektin 4 tavoitteena oli selvittää sairaaloiden vuodeosastoille asennettujen jäähdytyspalkkien puhtautta ja puhdistettavuutta. Jäähdytyspalkkien puhtautta arvioitiin silmämääräisesti ja palkeista otettiin mikrobinäytteitä ennen puhdistusta ja puhdistustyön jälkeen. Jäähdytyspalkkien hygieniää arvioitiin lisäksi jäähdytyskauden aikana mikrobi- ja kondenssimittauksilla. Jäähdytyspalkkien puhdistettavuutta arvioitiin silmämääräisesti seuraamalla palkkien puhdistusta sairaalan vuodeosastolla. Jäähdytyspalkkien puhdistuksen aiheuttamia hiukkaspäästöjä arvioitiin mittaamalla samanaikaisesti ulkoilman ja tutkimukseen valittujen huonetilojen hiukkaspitoisuutta hiukkaskokoluokittaisilla mittauksilla. Osaprojektin 4 vastuu oli Työterveyslaitoksella.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Tutkimukseen valitut vuodeosastot

Tutkimukseen valittiin neljä vuodeosastoa Etelä- ja Keski-Suomen alueilla sijaitsevista sairaaloista. Osastojen ilmanvaihtojärjestelmät edustivat tyypillisiä 1980–2000-luvuilla sairaaloihin asennettuja järjestelmiä. Vuodeosastojen ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytyspalkit puhdistettiin tavanomaisena määräaikaishuoltuksena sairaaloiden ja puhdistajien toimintatapojen mukaisesti.

3.1.1 Sairaala A

Sairaalan A vuodeosaston ilmanvaihtosuunnitelmat oli tehty vuonna 1982 ja ilmanvaihtojärjestelmien asennustyöt vuonna 1983. Tällöin olivat voimassa vuoden 1978 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 määräykset ja ohjeet. Potilashuoneiden ulkoilmavirtojen ohjearvona oli tuolloin $1,4 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$. Osaston tuloilmakoneissa oli kaksivaiheinen suodatus G3- ja F7-luokan suodattimilla ennen lämmön talteenotto- ja lämmityspattereita. Osaston poistoilmakoneissa oli G3-luokan suodattimet ennen lämmön talteenoton lämmönsiirrintä. Osaston ilmanvaihtokanavat oli edellisen kerran puhdistettu neljä vuotta aiemmin. Sairaalas-
sa tehtiin osaprojektien 1–3 tutkimukset.

3.1.2 Sairaala B

Sairaalan B vuodeosaston ilmanvaihtosuunnitelmat oli tehty vuonna 1994. Tällöin olivat voimassa vuoden 1987 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 määräykset ja ohjeet. Potilashuoneiden ulkoilmavirtojen ohjearvona oli tuolloin $1,2 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$. Osaston tuloilmakoneissa oli kaksivaiheinen suodatus G3- ja F7-luokan suodattimilla. Tuloilmakoneissa oli lämmön talteenotto- ja lämmityspatterit. Osaston poistoilmakoneissa oli G3-luokan suodattimet ennen lämmön talteenoton lämmönsiirrintä. Osaston ilmanvaihtokanavat oli edellisen kerran puhdistettu viisi vuotta aiemmin. Sairaalassa tehtiin osaprojektien 1–3 tutkimukset.

3.1.3 Sairaala C

Sairaalan C vuodeosaston ilmanvaihtosuunnitelmat ja asennustyöt oli tehty vuosien 1983–1984 aikana. Tällöin olivat voimassa vuoden 1978 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 määräykset ja ohjeet. Vuodeosaston ilmanvaihtojärjestelmiä oli osittain uusittu 1990-luvulla. Osaston tuloilmakoneissa oli yksivaiheinen suodatus F7-luokan suodattimilla ennen lämmön talteenotto- ja lämmityspattereita. Osaston poistoilmakoneissa oli F5-luokan suodattimet ennen lämmön talteenoton lämmönsiirrintä. Osaston poistoilmakanavat oli puhdistettu edellisen kerran viisi vuotta aiemmin. Osaston tuloilmakanavia ei aiemmin ollut puhdistettu kanaviston asentamisen jälkeen. Sairaalassa tehtiin osaprojektien 1–3 tutkimukset.

3.1.4 Sairaala D

Sairaalan D osaston potilashuoneisiin ja osaan muita huonetiloja oli asennettu jäähdytyspalkkeja (ns. aktiivipalkkeja) vuonna 2005 tehtyjen korjausten yhteydessä. Tällöin olivat voimassa vuoden 2003 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 määräykset ja ohjeet. Poti-

lashuoneiden ulkoilmavirtojen ohjearvona oli $1,5 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$. Osaston tuloilmakoneessa oli yksivaiheinen suodatus F7-luokan suodattimilla ennen lämmön talteenotto-, lämmitys-, ja jäähdytyspattereita. Osaston poistoilmakoneessa oli G3-luokan suodattimet ennen lämmön talteenoton lämmönsiirrintä. Jäähdytyspalkkeja ei ollut puhdistettu palkkien asentamisen jälkeen. Sairaalahuolto oli imuroinut jäähdytyspalkkien ulkopinnat (etulevyn) vuosittain. Sairaalassa tehtiin osaprojektin 4 tutkimukset.

3.2 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusmenetelmät ja -järjestys

Sairaaloiden ilmanvaihtokoneiden kammiot, lämmönsiirtimet ja muut koneen osien pinnat puhdistettiin pääosin pölynimurilla ja paineilmalla. Ilmanvaihtokanavien puhdistukseen käytettiin puhdistustyöhön kehitettyjä harjauspuhdistuslaitteita. Tulo- ja poistoilman päätelaitteet puhdistettiin imuroimalla ja pesemällä. Jäähdytyspalkit puhdistettiin pölynimurilla ja pölyhuiskalla.

Tuloilmakanavien puhdistuksen ajaksi puhdistettava kanavisto tai sen osa alipaineistettiin ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitetulla puhaltimella (alipaineyksiköllä). Kanavapinnoilta irtoavat epäpuhtaudet johdettiin alipaineyksikön ilmavirralla poistoilmajärjestelmään ja sieltä suodattamattomana ulkoilmaan (ks. kuva 1). Sairaalassa C alipaine- ja suodatinyksikkö, jossa oli F7-luokan suodattimet, oli osan ajasta puhdistettavan osaston tiloissa. Sairaalassa D jäteilma suodatettiin F7-luokan suodattimella ennen jäteilman johtamista ilmanvaihtokoneeseen, josta suodatettu jäteilma johdettiin avoimen oviaukon kautta ulkoilmaan. Poistoilmakanavien puhdistuksessa kanavapinnoilta irtoavien epäpuhtauksien ulosjohtamiseen käytettiin järjestelmien omien poistoilmakoneiden ilmavirtaa.

Kuvassa 1 on esitetty ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusjärjestys sairaaloissa A, B, C ja D. Ilmavirtoja kuvaavat suuntanuolet ovat ilmanvaihdon normaalin käyttötilanteen mukaisia.



Kuva 1. Periaatekuva ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusjärjestyksestä sairaaloissa A, B, C ja D.

3.3 Aloituskokous ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksesta

Ennen puhdistustyön toteutusta sairaaloissa C ja D pidettiin aloituskokous osastojen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksesta. Aloituskokouksis-

sa huomioitiin sairaaloiden A ja B puhdistustyöstä saatuja kokemuksia (sairaalan D aloituskokouksen asialista on esitetty liitteessä 2). Aloituskokouksessa oli paikalla sairaalan ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnosta vastaava esimies, osastonhoitaja, sairaalan siivoustyönjohtaja ja ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusyrityksen työnjohtaja. Kokouksessa käsiteltiin mm. puhdistustyön aikataulua, puhdistusjärjestystä, osaston ruokailuaikoja ja epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi tehtäviä toimenpiteitä. Kokouksessa sovittiin mm. siitä, että osaston sisäänkäynnin oveen kiinnitetään tiedote osastolla tehtävästä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöstä.

3.4 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus

3.4.1 Sairaala A

Sairaalassa A osaston ilmanvaihtojärjestelmät puhdistettiin helmimaaliskuun vaihteessa 2009. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöitä tehtiin osaston huone- ja käytävätiloissa pääsääntöisesti kolmen päivän aikana. Ilmanvaihtokonehuoneessa ja muissa huoltotiloissa puhdistustöitä tehtiin neljän päivän aikana. Osaston tiloihin vaikuttava tuloilmakone oli pysähdyksissä neljä päivää, jolloin puhdistettiin tuloilmakone ja -kanavat sekä osaston kerroksen poistoilmakanavia. Osaston tiloihin vaikuttava toinen tuloilmakone puhdistettiin viimeisenä. Puhdistustyön yhteydessä kunnostettiin tuloilmakoneiden ja -kanavien vaurioituneita äänenvaimentimia sekä havaittuja laitevikoja.

Ilmanvaihtojärjestelmiä puhdisti suurimman osan ajasta kaksi puhdistajaa (kuva 2). Tuloilmakoneiden puhdistuksen ja huollon sekä vaurioituneiden äänenvaimentimien kunnostuksen yhteydessä työhön osallistui kolmesta neljään puhdistajaa. Osaston tulo- ja poistoilmavirrat tasapainotettiin puhdistustöiden jälkeen. Puhdistuksen aikana potilaat olivat osaston huonetiloissa. Huoneiden, sairaalalaitteiden yms. pintoja ei suojattu likaantumisen estämiseksi puhdistustyön aikana.



Kuva 2. Sairaala A: (a) Alakattolevyjen irrotus osaston käytävällä ja (b) tuloilmalaitteen puhdistus potilashuoneessa.

3.4.2 Sairaala B

Sairaalassa B osaston ilmanvaihtojärjestelmät puhdistettiin huhtikuussa 2009. Ilmanvaihtojärjestelmiä puhdistettiin samanaikaisesti osaston huone- ja käytävätiloissa sekä ilmanvaihtokonehuoneissa. Osaston tuloilmakone(et) oli pysähdyksissä päiväsaikaan neljänä päivänä, jolloin puhdistettiin tuloilmakoneita ja ilmanvaihtokanavia. Puhdistustyön aikana ja sen jälkeen kunnostettiin tuloilmajärjestelmän äänenvaimentimia.

Puhdistustyötä tehtiin kahdessa ryhmässä, joissa oli kahdesta kolmeen puhdistajaa. Toinen ryhmä työskenteli osastolla ja puhdisti osaston ilmanvaihtokanavia (kuva 3) ja toinen ryhmä kunnosti ja puhdisti tuloilmakoneita ja -kanavia ilmanvaihtokonehuoneessa. Osaston poistoilmakoneita ei puhdistettu, koska ilmanvaihtokanavien puhdistus jatkui tutkimuksen jälkeen rakennuksen muilla osastoilla. Osaston tulo- ja poistoilmavirtoja ei tasapainotettu puhdistustyön jälkeen. Puhdistustyön aikana potilaat olivat osaston huonetiloissa. Huoneiden, sairaalalaitteiden yms. pintoja ei suojattu likaantumisen estämiseksi puhdistustyön aikana.



Kuva 3. Sairaala B: Ilmanvaihtokanavien puhdistus (a) osaston käytävällä ja (b) potilashuoneen wc-tilassa.

3.4.3 Sairaala C

Sairaalassa C osaston ilmanvaihtojärjestelmät puhdistettiin kesäkuussa 2009. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöitä tehtiin osaston huone- ja käytävätiloissa kahdeksan päivän aikana ja ilmanvaihtokonehuoneessa ja muissa huoltotiloissa kolmen päivän aikana. Osaston tuloilmakone oli pysähdyksissä päiväsaikaan kolmena päivänä, jolloin puhdistettiin tuloilmakone ja -kanavat. Ilmanvaihtojärjestelmiä puhdisti pääsääntöisesti kaksi puhdistajaa.

Tuloilmakanavia (liitöntäkanavia) käytävän runkokanavasta osaston huonetiloihin ei puhdistettu. Puhdistajien mukaan tuloilman päätelaitteiden rakenne oli sellainen, että liitöntäkanavien puhdistus päätelaitteiden kautta olisi vaurioittanut päätelaitteiden äänenvaimentimia. Osaston tulo- ja poistoilmavirtoja ei tasapainotettu puhdistustyön jälkeen. Puhdis-

tustyön aikana potilaat olivat osaston huonetiloissa. Hygieniahoitajan pyynnöstä joissakin huonetiloissa (kuten lääkehuoneessa, kuva 4) osa huonepintoista ja sairaalalaitteista sekä päätelaitteiden läheisyydessä olevat suojakäsineet suojattiin likaantumisen estämiseksi puhdistustyön ajaksi.



(a) (b)
Kuva 4. Sairaala C: Ilmanvaihtokanavien puhdistus (a) osastonhoitajan huoneessa ja (b) lääkehuoneessa.

3.4.4 Sairaala D

Sairaalassa D osaston ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytyspalkit puhdistettiin heinäkuussa 2009. Osaston ilmanvaihtojärjestelmiä ja jäähdytyspalkkeja puhdistettiin huone- ja käytävätiloissa neljän päivän aikana. Ilmanvaihtokonehuoneessa puhdistustöitä tehtiin kahtena päivänä. Osaston tulo- ja poistoilmavirrät tasapainotettiin puhdistustyön jälkeen.

Potilaat siirrettiin osaston muihin potilashuoneisiin potilashuoneen ilmanvaihtolaitteiden ja jäähdytyspalkkien puhdistuksen ajaksi. Sairaalalaitteiden, huoneiden kalusteiden yms. pintojen suojaukseen (kuva 5) sekä puhdistamisesta tiedottamiseen kiinnitettiin erityistä huomiota puhdistustyön aikana. Osaston ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytyspalkit puhdisti kaksi puhdistajaa.



Kuva 5. Sairaala D: (a) ja (b) Kalusteiden siirtäminen potilashuoneesta osaston käytävään ja sairaalalaitteiden suojaaminen muovilla puhdistustyön ajaksi. (c) Jäähdytyspalkin etulevyn irrotus. (d) ja (e) Jäähdytyspalkin puhdistus pölynimurilla ja pölyhuiskalla. (f) Jäähdytyspalkin tuloilmakanavan puhdistus harjaamalla.

Jäähdytyspalkkien puhdistukseen käytettiin hienojakoisen pölyn poistamiseen suunniteltua pölynimuria (Hurricane hienonpölynimurit 2010). Pölynimurissa käytetyt pölypusseja olivat ns. kertakäyttöpusseja. Pölynimurin pölypusseja vaihdettiin kolme kertaa puhdistustyön aikana (potilashuoneiden, eristystilan ja osaston kanslian puoleisten huonetilojen jäähdytyspalkkeista imuroitu pöly kerättiin eri pölypusseihin mikrobi tutkimuksia varten). Kuvassa 6 on puhdistukseen käytetty pölynimuri ja imurin pölypusseja, johon on kertynyt potilashuoneiden jäähdytyspalkkeista imuroitua epäpuhtautta.



Kuva 6. (a) Jäähdytyspalkkien puhdistukseen käytetty pölynimuri (Hurricane 32). (b) Jäähdytyspalkkien puhdistuksessa imurin pölypussiin kertynyttä epäpuhtautta.

Yhteenvedo tutkimuksessa tehdyistä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus- ja ilmavirtojen tasapainotustöistä on esitetty liitteessä 3. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajia ja ilmavirtojen tasapainottajia pyydettiin kirjaamaan tehdyt puhdistus- ja tasapainotustyöt liitteissä 4 ja 5 oleville lomakkeille.

3.5 Ilmanvaihtojärjestelmien puhtauden ja kunnon arviointi

Sairaaloissa A, B ja C puhdistettavien tulo- ja poistoilmanvaihtokoneiden ja -kanavien puhtaus ja kunto tarkastettiin silmämääräisesti käyttämällä tuloilmajärjestelmien kunnon ja puhtauden arviointiin kehitettyä arviointimenetelmää. Havainnot kirjattiin tarkastuslomakkeille (LVI 39-10409). Kanavien pölykertymät mitattiin suodatinkeräysmenetelmällä (Asikainen ja Pasanen 2002). Tuloilmajärjestelmien puhtautta arvioitiin lisäksi BM-Dustdetector-pintapölymittarilla (Pesonen-Leinonen 1994, Schneider ym. 1996) ja poistoilmajärjestelmien puhtautta ns. kampamenetelmällä (Asikainen ym. 2003). Silmämääräisen puhtauden arvioinnin ja suodatinkeräysmenetelmän määritysrajana oli $0,1 \text{ g/m}^2$ ja kampamenetelmän määritysrajana $25 \mu\text{m}$. Tuloilmajärjestelmien mineraalikuitukertymät määritettiin kerätyistä geeliteippinäytteistä valomikroskooppilla (Schneider 2000).

3.6 Ilmanvaihtojärjestelmien mikrobimittaukset

Sairaaloissa A, B ja C otettiin mikrobiinäytteitä tulo- ja poistokanavien pinnoilta, tuloilmasta sekä työhuoneen pinnoilta ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen. Mikrobiinäytteet kerättiin ja analysoitiin soveltaen Asumisterveysohjeen (2003) näytteenkeräys- ja analysointiohjeita. Tuloilmanäytteet otettiin liitämällä 6-vaihekeräimeen näytteenotto-sondi, jonka avulla näytteenotto saatiin likimäärin isokineettiseksi. Tuloilmanäytteen näytteenottoaika oli 20 minuuttia. Huoneiden pinnoilta kerättiin pölynäytteitä, jotka analysoitiin semikvantitatiivisesti Työterveyslaitoksen työympäristömikrobiologian laboratoriossa Helsingissä. Analysointi tehtiin Työterveyslaitoksen työohjeen TY04-TY-033 mukaisesti. Näytteistä määritettiin vain homesienet ja aktinobakteerit. Ilmanäytteet sekä semikvantitatiiviset pölynäytteiden

tulokset kuvaavat normaalin sisäympäristön olosuhteissa kasvavien sienitiöiden ja bakteerien lukumäärää. Koeluontoisesti sairaalassa C otettiin yksi mikrobinäyte osaston käytävän ilmasta samaan aikaan, kun kanavia puhdistettiin osaston käytävällä.

Bakteerien määrittämiseksi kerättiin näytteitä Orionin Transpocult®-geeliputkien ohjeistuksen mukaisesti. Näytteiden avulla haluttiin erityisesti havainnoida ilmanvaihtokanavien pinnoilla olevia patogeenisia eli terveydelle haitallisia bakteerilajeja. Näytteet analysoitiin Helsingin yliopiston Kansanterveystieteen osaston mikrobiologisessa laboratoriossa. Kasvatusalustoina käytettiin lampaan verimaljaa VM, Pseudomonas-maljana Cetrimide-agar, anaerobi-alustaa FAA- ja CCAY-clostridium difficile -alustaa sekä MEA-alustaa homeille. Patogeeniset bakteerit saattavat aiheuttaa terveydellistä vaaraa etenkin herkille henkilöille bakteerin päästessä elimistöön hengityksen, ruuansulatuksen tai avohaavan kautta.

3.7 Hiukkas- ja paine-eromittaukset

Osastojen huonetiloissa mitattiin ilman hiukkaspitoisuutta ja paine-eroja. Hiukkasmittaukset tehtiin optisilla Aerotrak 8220, Climet CI-500, CI-550 ja CI-152x-hiukkaslaskureilla sekä TSI P-Trak 8525-pienhiukkaslaskureilla. Huonetilojen ja ulkoilman välistä paine-eroa mitattiin TSI DP-CALC ja Swema 3000-paine-eromittareilla. Sisäilman hiukkaspitoisuus mitattiin noin 1,1 metrin korkeudelta lattiasta. Ulkoilman hiukkaspitoisuus mitattiin tuloilmakoneiden ulkoilmakammioista. Mitattua sisä- ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhdetta verrattiin eri sairaaloissa samojen hiukkaslaskureiden välillä. Huonetilojen ja ulkoilman välisessä paine-eromittauksessa käytettiin läpivientiputkena taipuisaa ohutta kupariputkea, joka asetettiin mittausten ajaksi avattavan ikkunan ja ikkunan karmin väliin. Hiukkas- ja paine-eromittauksia tehtiin noin viikon ajan ennen puhdistusta, puhdistustyön aikana ja noin viikon ajan puhdistustyön jälkeen. Osastoilta valittiin tutkimushuoneeksi yksi huoneta, jossa henkilökuormitus pyrittiin pitämään vähäisenä ja ikkunoiden avaamista vältettiin mittausten aikana. Mittauslaitteet oli kalibroitu laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti ennen mittauksia.

3.8 Tulo- ja poistoilmavirtamittaukset

Sairaaloissa A, B ja C osastojen tulo- ja poistoilmavirrat mitattiin ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja uudelleen puhdistuksen jälkeen. Lisäksi sairaaloissa A ja B ilmavirrat mitattiin puhdistuksen jälkeen ilmanvaihdon yöaikaisella käytöllä (ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella). Mitattuja ilmavirtoja verrattiin ilmanvaihtopiirustuksissa esitettyihin suunnitteluarvoihin. Ilmavirrat mitattiin tulo- ja poistoilman päätelaitteista käyttämällä SwemaFlow 125, SwemaFlow 233 ja Alnor-balometreja, TSI VelociCalc-siipipyöräänemometriä ja Swema 3000-mikromanometriä. Mittauslaitteet oli kalibroitu laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti ennen ilmavirtamittauksia.

3.9 Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin mikrobimittaukset

Jäähdytyspalkkien puhtautta tutkittiin sairaalan D kolmella osastolla, joissa kaikissa oli korkeat vaatimukset sisäilman mikrobiologisessa puhtaudessa. Sairaala oli valinnut yhteistyössä projektin kanssa juuri nämä osastot tutkimukseen, koska sisäilmassa mahdollisesti esiintyvät mikrobit voivat aiheuttaa osastoilla vaikeitakin ongelmia. Vertailuhuoneiksi

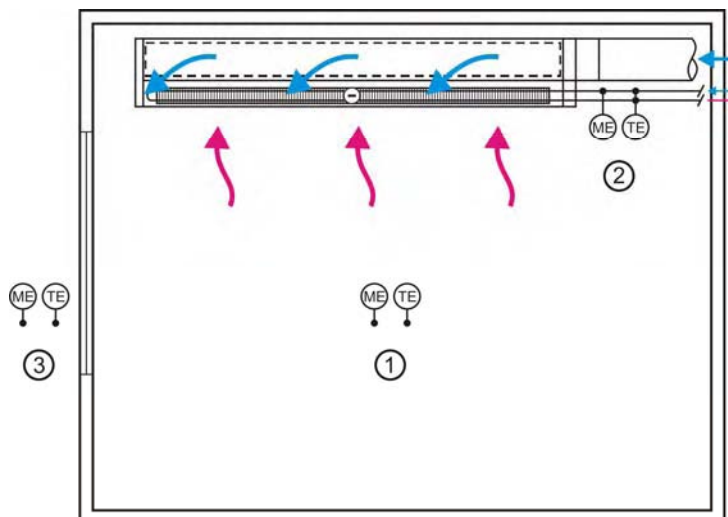
valittiin potilashuoneiden lisäksi hoitohenkilökunnan kokous- ja toimisto-
huoneet. Jäähdytyspalkkeja tutkittiin kaikkiaan viidestä potilashuo-
neesta. Jokaisesta palkista otettiin kaksi näytettä ja puhdistuksen jäl-
keen tarkistusnäytteet. Vertailunäytteet otettiin yli kahden metrin kor-
keudella olevilta tasopinnoilta pyyhintänäytteinä. Ensimmäiset näytteet
otettiin huhtikuussa 2009 ja viimeiset tarkistusnäytteet syyskuussa
2009.

Jäähdytyspalkkien tutkimisessa käytettiin menetelmiä, joilla eristetään
ja tutkitaan näytteestä patogeeneja eli sairautta aiheuttavat bakteerit ja
homesienet. Bakterinäytteet tutkittiin Helsingin yliopiston Kansanterve-
ystieteen osaston mikrobiologisessa laboratoriossa. Homesienet tutki
MetropoliLab Helsingissä. Näytteet otettiin pyyhkimällä tutkittavasta
palkista sopivaksi katsottu alue siten, että palkkeja voitiin verrata toi-
siinsa. Palkkien sisältä (lämmönsiirtimien otsapinnasta ja lamellien välis-
tä) näytteet otettiin pyyhkimällä pumpulitikulla. Bakterinäytteet otettiin
kuljetuselatusaineeseen Orionin Transpocult[®]-geeliputkien ohjeistuksen
mukaisesti. Näytteet vietiin yleensä jo näytteenottopäivänä laboratorio-
on tutkittavaksi. Homesieninäytteet säilytettiin jääkaapin lämpötilassa
seuraavaan päivään, jos niitä ei voitu viedä laboratorioon heti näyt-
teenoton jälkeen.

Sairaalan D yhdestä puhallinkonvektorista tehtiin vastaava mikrobitut-
kimus kuin jäähdytyspalkkeista. Näytteenotto ja tutkimusmenetelmät oli-
vat samat kuin jäähdytyspalkkeja tutkittaessa.

3.10 Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin kondenssimit- taukset

Sairaalan D neljästä jäähdytyspalkista ja yhdestä puhallinkonvektorista
mitattiin jäähdytyskauden aikaista kondenssia kesällä 2009. Kondenssi-
mittaukset tehtiin Vetesten Ve-5 kondenssianturilla ja tallentavilla Gemi-
nin Tinytag-dataloggereilla. Mittausmenetelmä osoittaa sen, onko mitat-
tavalla pinnalla kosteutta. Menetelmä ei anna kvantitatiivista mittaustu-
lostta kosteuden määrästä. Ulkoilman, sisäilman ja jäähdytyspalkkien
jäähdytysveden lämpötilaa mitattiin tallentavilla Tinytag- ja Hobo-
dataloggereilla. Mittausjärjestely on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Periaatekuva jäähdytyspalkkien mittausjärjestelystä (1) huoneilmassa, (2) jäähdytyspalkissa ja (3) ulkoilmassa (ME on kosteusanturi ja TE lämpötila-anturi).

3.11 Siivottavien pintojen likaantumiseen liittyvät pöly- ja kuitumittaukset

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutusta siivottavien pintojen likaantumiseen arvioitiin optisella BM Dustdetector-pintapölymittarilla, joka on kehitetty siivouksen laadun valvontaan. Tutkimuksessa testattiin lisäksi mustan siivouspyyhkeen ja ultraviolettivalon soveltuvuutta pintojen likaisuuden arviointiin. Pölynäytteiden valokuvauksessa käytettiin alustana samaa mustaa PVC-lattialaattaa ja näytteet kuvattiin samalla digikameralla. Näytteenottopinnat pyyhittiin ja merkittiin ennen tutkimuksen aloittamista. Pintojen pyyhkimiseen käytettiin osastoilla käytettäviä puhdistusmenetelmiä ja -aineita. Pölynäytteet otettiin 4–20 vuorokauden pölykertymistä ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta, puhdistustyön aikana ja työn jälkeen. Pölynäytteet otettiin pääsääntöisesti käytävätiloista ja potilashuoneista. Näytteitä otettiin myös osaston muista tiloista kuten toimisto-, tutkimus-, tauko- ja leikkihuoneista.

Sairaalassa A mitattiin myös siivottavien pintojen mineraalikuitukertymiä. Näytteiden kertymäaika oli 13 vuorokautta ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja 4–7 vuorokautta puhdistustyön aikana. Mineraalikuidut määritettiin kerätyistä geeliteippinäytteistä valomikroskoopilla.

3.12 Haastattelut

Osastonhoitajia, sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnosta vastaavia esimiehiä (nimike joko sairaalainsinööri, käyttöpäällikkö tai tekninen isännöitsijä), sairaaloiden siivoustyönjohtajia ja siivoojia sekä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajia haastateltiin joko ennen puhdistusta tai puhdistustyön jälkeen. Liitteissä 6–10 on esitetty haastatteluun käytetyt lomakkeet. Henkilökohtaisten haastattelujen lisäksi sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksesta ja puhdistettavuuden parantamisesta lähetettiin syksyllä 2009 sähköpostitse kysely suomalaisille puhdistus- ja ilmanvaihtoalan asiantuntijoille. Kysymykset ja saadut vastaukset on esitetty liitteessä 11 (taulukot 1–10).

4 TULOKSET

4.1 Sairaaloiden tulo- ja poistoilmajärjestelmien puhtaus ja kunto

Sairaalassa A tuloilmakanaviston likakertymät olivat yhtä mittauspistettä ($16,3 \text{ g/m}^2$) lukuun ottamatta pieniä ja edellisen puhdistuksen jälkeen kanavistoon kertyneen pölyn määrä oli vähäinen. Sairaalassa B tuloilmakanavisto oli kokonaisuudessaan hyvin puhdas jo ennen puhdistusta eikä siinä juuri havaittu käytön aikana kertyneitä epäpuhtauksia. Sairaalassa C tuloilmakanavistossa oli ennen puhdistusta runsaasti sekä rakennusaikaista karkeampaa likaa että käytön aikana kanavistoon kertynyttä pölyä. Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto sairaaloiden A, B ja C tuloilmakanavistojen likakertymistä ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen. Sairaalakohtaiset tiedot ovat esitetty erillisessä raportissa (Asikainen 2010a).

Ennen puhdistusta tehdyissä tarkastuksissa havaittiin sairaaloiden A, B ja C tuloilmajärjestelmissä puutteita ja epäkohtia, jotka vaativat korjausta. Ulkoilman sisäänoton sääsuojauksissa oli vakavia puutteita, jotka saattavat aiheuttaa ulkoilman kosteuden merkittävää kulkeutumista tuloilmajärjestelmään. Yhdessä tuloilmakoneessa ulkoilmapelti oli jumitunut auki-asentoon ja yhden tuloilmakoneen hienosuodattimessa havaittiin repeämä.

Lämmön talteenottolaitteiden lämmönsiirtimet olivat likaisia ja niiden puhdistaminen koettiin erittäin hankalaksi. Ilmanvaihtokoneiden lämmön talteenottolaitteiden kondenssivesiviemäreiden ja vesilukkojen puhtaudessa ja toiminnassa havaittiin myös puutteita. Lämmitys- ja jäähdytyspatterit olivat likaisia, mutta niiden likakertymät olivat pienempiä kuin lämmön talteenottolaitteiden lämmönsiirtimien likakertymät. Tutkittujen ilmanvaihtokoneiden puhaltimet olivat silmämääräisesti hyvässä kunnossa eivätkä ne olleet likaantuneet merkittävästi. Ilmanvaihtokoneiden ja/tai runkokanavien äänenvaimentimissa havaittiin merkittäviä vaurioita neljässä tutkitussa ilmanvaihtokoneessa ja pienempiä vaurioita kahdessa ilmanvaihtokoneessa. Osassa sairaaloiden tuloilman päätelaitteiden äänenvaimentimia havaittiin myös merkittäviä vaurioita.

Taulukko 1. Sairaalat A, B ja C: Sairaaloiden tuloilmakanavistojen keskimääräiset likakertymät ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen.

Sairaala	Tarkastusajankohta	Keskimääräinen likakertymä ja sen vaihteluväli		Keskimääräinen pölyisyysprosentti ja vaihteluväli
		Silmämääräinen arviointi [g/m^2]	Suodatinkeräysmenetelmä [g/m^2]	BM-Dustdetector-pintapölymittari [%]
Sairaala A	Ennen puhdistusta	7,7 (0,2–30)	8,3 (0,2–16,3)	-
	Puhdistuksen jälkeen	0,2 (0,1–0,2)	-	7,1 (1,7–11,3)
Sairaala B	Ennen puhdistusta	<0,1	<0,1	2,5 (0,5–5,6)
	Puhdistuksen jälkeen	<0,1	<0,1	4,1 (2,7–7,4)
Sairaala C	Ennen puhdistusta	4,2	3,0	-
	Puhdistuksen jälkeen	0,2 (<0,1–0,3)	0,3	10,9 (6,5–15,2)

Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto sairaaloiden A, B ja C poistoilmakanavien likakertymistä ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen. Sairaalan A poistoilmakanavista suodatinkeräysmenetelmällä mitattu keskimääräinen likakertymä oli ennen puhdistusta pienempi (0,4 g/m²) kuin tuloilmakanavista mitattu kertymä (8,3 g/m²). Sairaalassa B poistoilmakanavien keskimääräinen likakertymä oli suurempi (2,8 g/m²) kuin tuloilmakanavien kertymä (<0,1 g/m²). Sairaalassa C sekä tulo- että poistoilmakanavien keskimääräiset likakertymät olivat likimäärin samaa suuruusluokkaa (3,0–3,7 g/m²) ennen kanavien puhdistusta.

Epäpuhtaudet olivat kertyneet erityisesti poistoilman pääte- ja säätölaitteisiin sekä lämmön talteenottolaitteen lämmönsiirtimien pinnoille. Puhdistuksen jälkeen poistoilmakanavien likakertymät olivat joitakin yksittäisiä mittauspisteitä lukuun ottamatta huomattavasti pienemmät kuin ennen puhdistusta.

Taulukko 2. Sairaalat A, B ja C: Sairaaloiden poistoilmakanavistojen likakertymät ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen.

Sairaala	Tarkastusajankohta	Keskimääräinen likakertymä ja sen vaihteluväli		Keskimääräinen likakerroksen paksuus ja vaihteluväli
		Silmämääräinen arviointi [g/m ²]	Suodatinkeräysmenetelmä [g/m ²]	Kampamenetelmä [µm]
Sairaala A	Ennen puhdistusta	0,8 (0,6–1,0)	0,4	50 (50–50)
	Puhdistuksen jälkeen	0,6	-	<25
Sairaala B	Ennen puhdistusta	4,1 (1,5–10,0)	2,8 (1,4–8,1)	128 (76–305)
	Puhdistuksen jälkeen	0,4 (<0,1–2,0)	<0,1	30 (<25–152)
Sairaala C	Ennen puhdistusta	3,8	3,7	133 (127–178)
	Puhdistuksen jälkeen	0,4 (0,3–0,5)	0,2	<25

4.2 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutus mikrobipitoisuuksiin

4.2.1 Näytteet tulo- ja poistoilmakanavien pinnoilta

Ennen puhdistusta tuloilmakanavien pinnoilta otettujen näytteiden homesienipitoisuudet vaihtelivat <1–3 cfu/cm² ja bakteeripitoisuudet <1–50 cfu/cm². Poistoilmakanavien pinnoilta otetuissa näytteissä homesienipitoisuudet vaihtelivat 1–17 cfu/cm² ja bakteeripitoisuudet vaihtelivat 1–36 cfu/cm². Puhdistuksen jälkeen uusintamittaukset tehtiin sairaalassa B kahdesta näytteenottopisteestä. Näytteiden homesienipitoisuudet olivat vähentyneet, mutta bakteeripitoisuudet pysyivät samalla tasolla kuin ennen puhdistusta.

4.2.2 Näytteet tuloilmasta

Ennen puhdistusta tuloilmasta otettujen näytteiden homesienipitoisuudet olivat sairaaloissa A ja B ≤12 cfu/m³. Sairaalassa C näytteiden pitoisuudet vaihtelivat 31–45 cfu/m³ välillä. Puhdistuksen jälkeen sairaalassa A otettiin kaksi näytettä. Toisessa näytteessä homesieniä ei ollut enää havaittavissa, mutta toisen näytteen pitoisuudet olivat korkeampia kuin lähtötilanteessa (36 cfu/m³). Myös sairaalassa C puhdistuksen jälkeen

otetuissa kahdessa näytteessä sieni-itiöitä löytyi 10–130 cfu/m³ (taulukko 3).

Tuloilman bakteeripitoisuudet ennen puhdistusta olivat sairaalan B näytteissä 7 cfu/cm³ ja 11 cfu/cm³. Sairaaloiden A ja C näytteiden bakteeripitoisuudet vaihtelivat 296–1602 cfu/cm³ välillä. Puhdistuksen jälkeen sairaalassa A otettiin kaksi näytettä, joiden bakteeripitoisuudet olivat pienemmät puhdistuksen jälkeen kuin ennen puhdistusta. Näistä toisen näytteen bakteeripitoisuus oli puhdistuksen jälkeenkin 327 cfu/m³. Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto mikrobimittausten tuloksista.

Taulukko 3. Sairaalat A, B ja C: Sieni-itiö- ja kokonaisbakteeripitoisuudet tulo- ja poistokanavien pinnalla [cfu/cm²] sekä tuloilmassa [cfu/m³] ennen ja jälkeen ilmanvaihtokanavien puhdistamista (näytteen keräys ja analysointi soveltaen Asumisterveysohjetta 2003).

Sairaala ja näytteenottopiste	Ennen puhdistusta			Puhdistuksen jälkeen			
Sairaala A	MEA	DG18	THG	MEA	DG18	THG	Vallitseva homesuku
Tuloilmakanava, pinnat (n=4)	–	–	–	ei näytteitä			
Poistoilmakanava, pinnat (ennen n=3)	2, 1, 3	3, 1, 2	1, 1, 1	ei näytteitä			<i>Penicillium</i>
Tuloilma (n=2)	12, 4	5, 8	678, 797	–, 36	–, 16	2, 327	<i>Geotrichum</i>
Sairaala B	MEA	DG18	THG	MEA	DG18	THG	Vallitseva homesuku
Tuloilmakanava, pinnat (n=2)	–	–	1, 50	ei näytteitä			
Poistoilmakanava, pinnat (n=2)	6, 11	6, 13	11, 36	4, –	4, 1	36, 20	<i>Aureobasidium</i>
Tuloilma (n=2)	–, 2	–	11, 7	ei näytteitä			
Sairaala C	MEA	DG18	THG	MEA	DG18	THG	Vallitseva homesuku
Tuloilmakanava, pinnat (n=4)	–, 3, –, –	–, 1, –, –	–	ei näytteitä			
Poistoilmakanava, pinnat (ennen n=4)	2, 17, 1, 1	1, 14, –, 2	7, 4, 1, 4	ei näytteitä			
Tuloilma (n=2)	33, 45	31, 25	296, 1602	69, 130	10, 34	254, 90	<i>Geotrichum, Cladosporium</i>

–=alle määrittäysrajan

MEA=2 % mallasuute-agar, homesienet

DG18=diklooraaniglyseroli-agar, homesienet

THG=tryptoni-hiivauute-glukoosiagar, bakteerit

4.2.3 Näytteet huoneiden pinnoilta

Puhdistustyön aikana sairaaloissa A (n=4) ja C (n=4) huonepinnoilta otetuissa semikvantitatiivisissa näytteissä ei havaittu tavanomaisesta poikkeavaa mikrobikertymää. Sairaalan C kaikissa pintanäytteissä löytyi vähäisiä määriä lähinnä *Cladosporium*-homesientä.

4.2.4 Käytävän ilmanäyte

Sairaalan C käytävältä otettiin ilmanäyte samaan aikaan, kun ilmanvaihtokanavia puhdistettiin käytävällä. Sisäilman homesieni-itiöpitoisuudet kahdella eri maljalta määritettynä olivat 3 cfu/m³ (MEA) ja 2 cfu/m³ (DG18). Bakteereita (THG) esiintyi ilmanäytteessä 1347 cfu/m³. Home-lajisto oli samankaltainen verrattuna ulkoilmasta samaan aikaan otettuun näytteeseen. Yleisin homeitiö näytteessä oli *Cladosporium*.

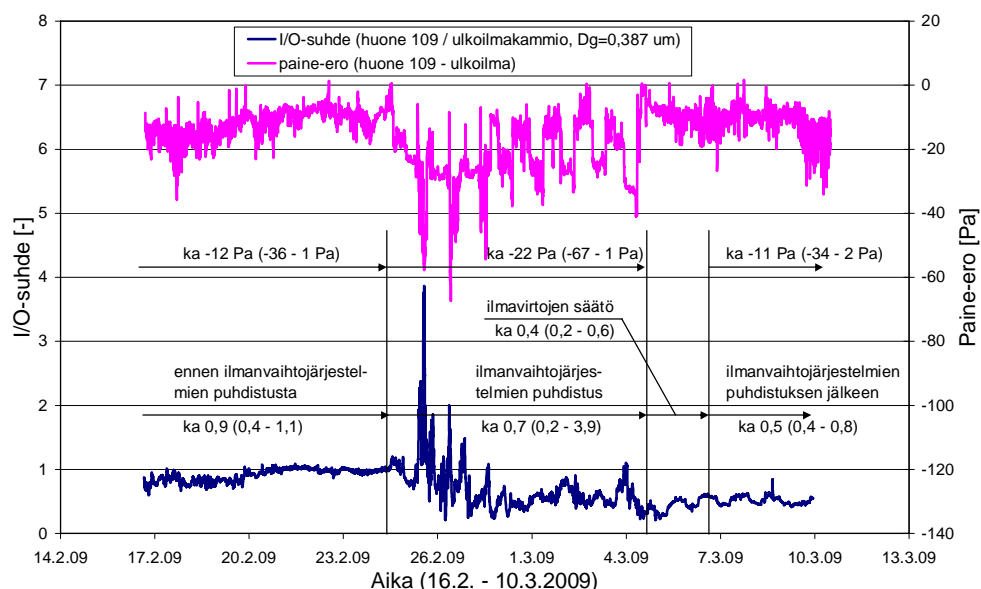
4.2.5 Patogeenisten bakteerien esiintyminen ilmanvaihtokanavissa

Patogeenisten eli terveydelle vaaraa aiheuttavien bakteerien pitoisuudet olivat sairaaloiden A (n=2), B (n=2) ja C (n=4) tuloilmakanavien pinnoilla hyvin vähäisiä. Bakteerilajistot olivat pääasiassa yleisiä, ihmisen iholla, limakalvoilla, ulosteissa ja ympäristössä olevia bakteereja, jotka eivät aiheuta vaaraa perusterveille henkilöille. Näytteissä havaittiin myös vähäisiä määriä bakteerilajeja, jotka voivat aiheuttaa infektioita vastustuskyvyltään heikentyneille potilaille. Puhdistuksen jälkeen bakteereja esiintyi lähinnä yksittäisiä pesäkkeitä tai määrät jäivät alle määrittämissä. Poistoilmakanavissa bakteereja oli enemmän ja bakteerin kirjo oli laajempi kuin tuloilmakanavissa.

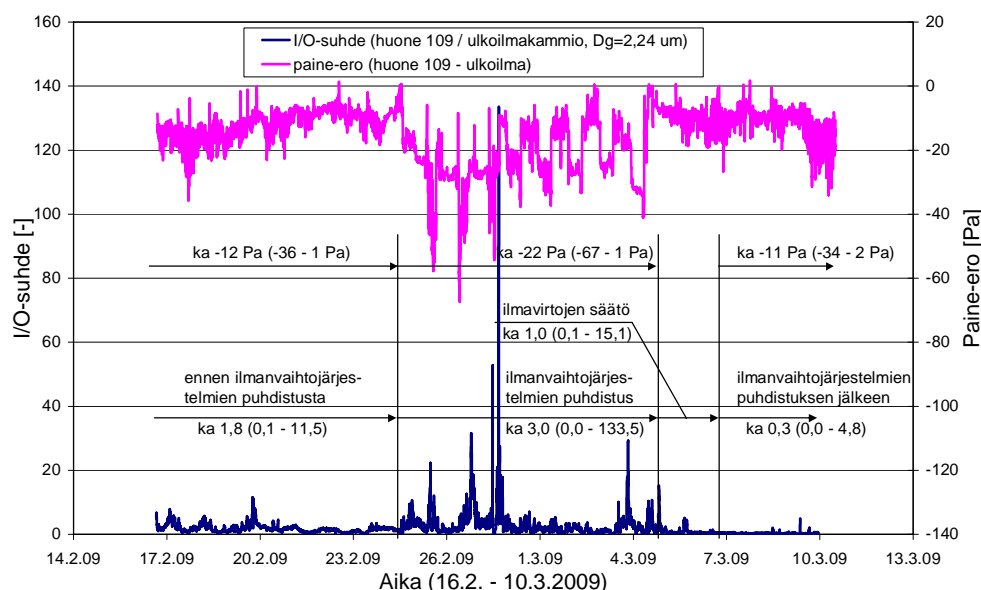
4.3 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutus I/O-suhteen ja paine-eron vaihteluun

4.3.1 Sairaala A

Sairaaloiden A, B ja C tutkimukseen valituissa tutkimushuoneissa ja tuloilmakoneiden ulkoilmakammioista mitattiin kokoluokittain 0,3–5 µm hiukkasia. Sairaalassa A tutkimushuoneeksi oli valittu tapaamishuone. Huoneen ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhteen (Indoor/Outdoor ratio) vaihtelu oli suurinta tuloilmakanavien alipaineistuksen ja puhdistuksen aikana (24.–27.2.2009). Tällöin myös paine-ero vaihteli voimakkaasti huonetilan ja ulkoilman välillä (kuvat 8 ja 9). Puhdistuksen jälkeen mitattu I/O-suhde oli keskimäärin pienempi kuin ennen puhdistusta. Tapaamishuoneen tulo- ja poistoilmakanavat ja päätelaitteet puhdistettiin 25.2.2009.



Kuva 8. Sairaala A: Tapaamishuoneen ja tuloilmakoneen ulkoilmakammion hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu, hiukkaset keskimäärin 0,387 µm (hiukkaskoon alaraja 0,3 µm ja yläraja 0,5 µm), sekä paine-eron vaihtelu huonetilan ja ulkoilman välillä.

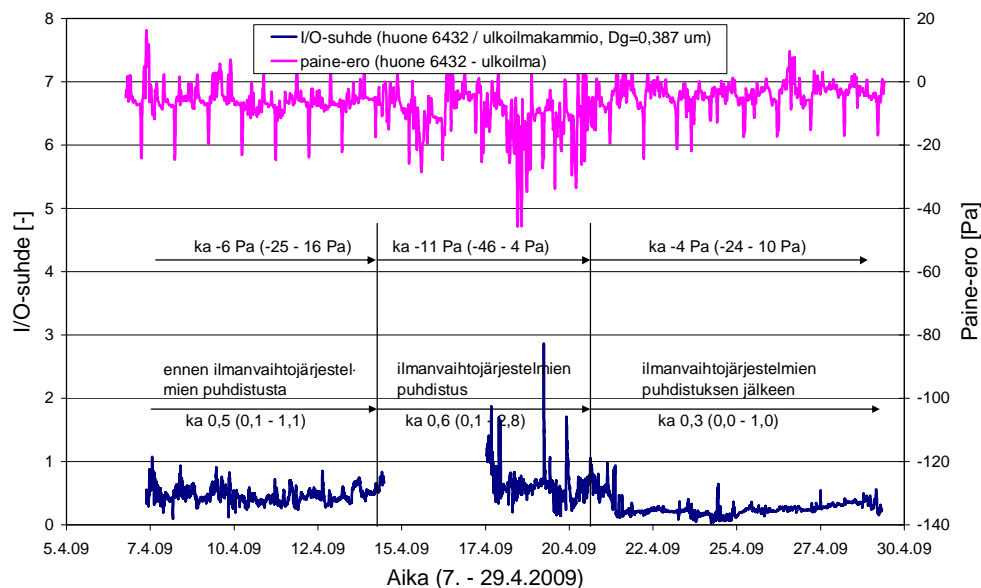


Kuva 9. Sairaala A: Tapaamishuoneen ja tuloilmakoneen ulkoilmakammion hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu, hiukkaset keskimäärin 2,24 µm (hiukkaskoon alaraja 1 µm ja yläraja 5 µm), sekä paine-eron vaihtelu huonetilan ja ulkoilman välillä.

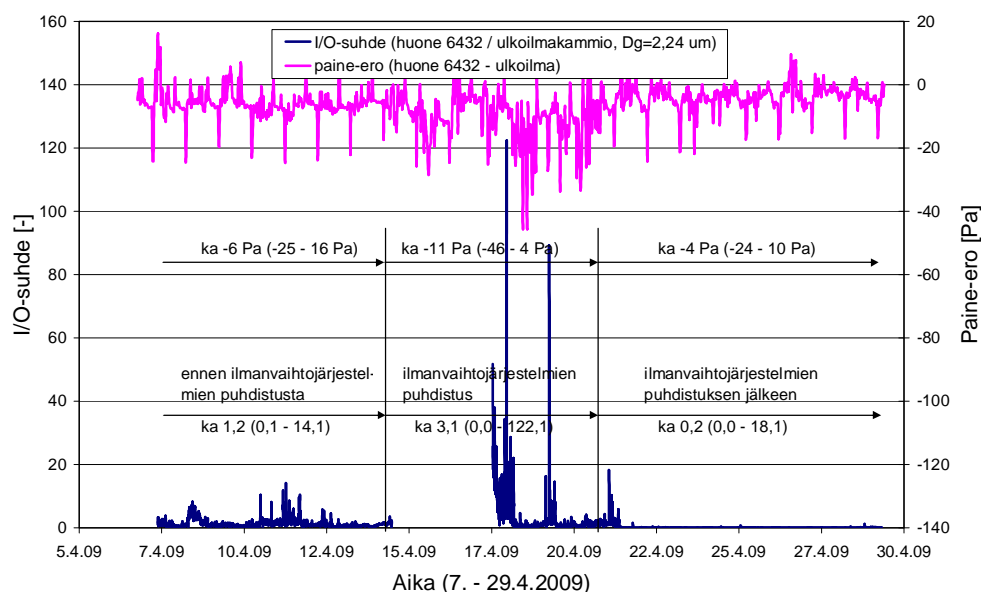
4.3.2 Sairaala B

Sairaalassa B tutkimushuoneeksi oli valittu valmisteluhuone. Huoneen ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu oli suurinta ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana (kuvat 10 ja 11). Paine-ero vaihteli valmisteluhuoneen ja ulkoilman välillä puhdistustyön aikana, mutta paine-eron vaihtelu oli pienempää kuin sairaalassa A. Puhdistuksen jälkeen mitattu I/O-suhte oli keskimäärin pienempi kuin ennen puhdistusta. Valmisteluhuoneen poistoilmakanavat ja päätelaitteet puhdistettiin

14.4.2009 ja tuloilmakanavat ja päätelaitteet 17.4.2009. Hiukkasma-
taustuloksista puuttuu tietoa ajanjaksolta 14.–17.4.2009.



Kuva 10. Sairaala B: Valmisteluhuoneen ja tuloilmakoneen ulkoilmakammion hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu, hiukkaset keskimäärin $0,387 \mu m$ (hiukkaskoon alaraja $0,3 \mu m$ ja yläraja $0,5 \mu m$), sekä paine-eron vaihtelu huonetilan ja ulkoilman välillä.

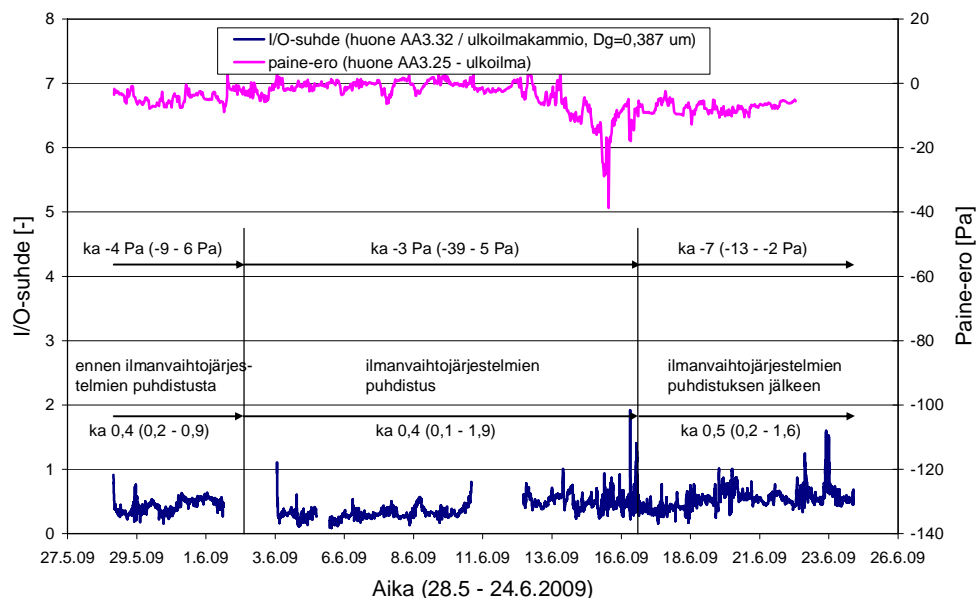


Kuva 11. Sairaala B: Valmisteluhuoneen ja tuloilmakoneen ulkoilmakammion hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu, hiukkaset keskimäärin $2,24 \mu m$ (hiukkaskoon alaraja $1 \mu m$ ja yläraja $5 \mu m$), sekä paine-eron vaihtelu huonetilan ja ulkoilman välillä.

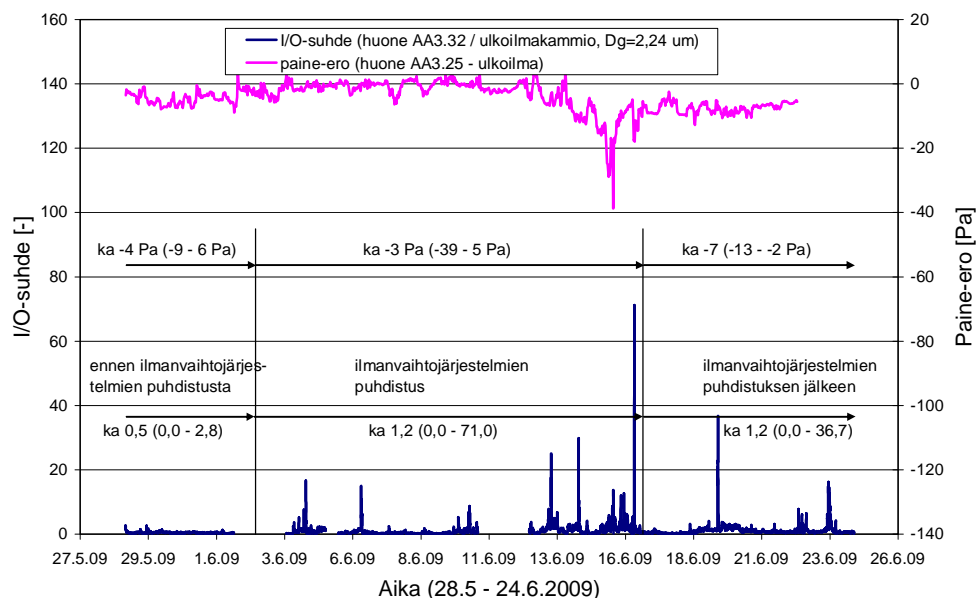
4.3.3 Sairaala C

Sairaalassa C tutkimushuoneeksi oli valittu vastaanottohuone. Huoneen ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu oli pienempää ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana kuin sairaaloissa A ja B (kuvat 12 ja 13). Puhdistustyön aikana paine-ero vaihteli potilashuoneen ja ulkoilman välillä, mutta oli keskimäärin pienempi kuin ennen puhdistusta ja puh-

distuksen jälkeen. I/O-suhde jäi puhdistuksen jälkeen likimain samalle tasolle kuin mitä se oli puhdistuksen aikana. Vastaanottohuoneen poistoilmakanava ja tulo- ja poistoilman päätelaitteet puhdistettiin 2.6.2009. Hiukkasmittaustuloksista puuttuu tietoja ajanjaksoilta 1.–3.6, 5.6 ja 10.–12.6.2009.



Kuva 12. Sairaala C: Vastaanottohuoneen ja tuloilmakoneen ulkoilmakammion hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu, hiukkaset keskimäärin 0,387 µm (hiukkaskoon alaraja 0,3 µm ja yläraja 0,5 µm), sekä paine-eron vaihtelu potilashuoneen AA3.25 ja ulkoilman välillä.



Kuva 13. Sairaala C: Vastaanottohuoneen ja tuloilmakoneen ulkoilmakammion hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu, hiukkaset keskimäärin 2,24 µm (hiukkaskoon alaraja 1 µm ja yläraja 5 µm), sekä paine-eron vaihtelu potilashuoneen AA3.25 ja ulkoilman välillä.

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty yhteenveto sairaaloiden A, B ja C tutkimushuoneiden sisäilmasta ja ulkoilmasta mitattujen hiukkasten I/O-suhteen vaihtelusta ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta, puhdistustyön aikana ja sen jälkeen. Vastaavasti taulukossa 6 on esitetty yhteenveto paine-eron vaihtelusta sairaaloissa A, B ja C.

Taulukko 4. Sairaaloiden A, B ja C osastojen tutkimushuoneiden sisä- ja ulkoilmasta mitattujen hiukkasten I/O-suhde ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta, puhdistustyön aikana ja sen jälkeen. Hiukkaset keskimäärin 0,387 µm (hiukkaskoon alaraja 0,3 µm ja yläraja 0,5 µm).

Sairaala (huone)	I/O-suhde [-] ennen puhdistusta, keskiarvo (minimi – maksimi)	I/O-suhde [-] puhdistustyön aikana, keskiarvo (minimi – maksimi)	I/O-suhde [-] puhdistustyön jälkeen, keskiarvo (minimi – maksimi)
Sairaala A (huone 109)	0,9 (0,4–1,1)	0,7 (0,2–3,9)	0,5 (0,4–0,8)
Sairaala B (huone 6432)	0,5 (0,1–1,1)	0,6 (0,1–2,8)	0,3 (0,0–1,0)
Sairaala C (huone AA3.32)	0,4 (0,2–0,9)	0,4 (0,1–1,9)	0,5 (0,2–1,6)

Taulukko 5. Sairaaloiden A, B ja C osastojen tutkimushuoneiden sisä- ja ulkoilmasta mitattujen hiukkasten I/O-suhde ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta, puhdistustyön aikana ja sen jälkeen. Hiukkaset keskimäärin 2,24 µm (hiukkaskoon alaraja 1 µm ja yläraja 5 µm).

Sairaala (huone)	I/O-suhde [-] ennen puhdistusta, keskiarvo (minimi – maksimi)	I/O-suhde [-] puhdistustyön aikana, keskiarvo (minimi – maksimi)	I/O-suhde [-] puhdistustyön jälkeen, keskiarvo (minimi – maksimi)
Sairaala A (huone 109)	1,8 (0,1–11,5)	3,0 (0,0–133,5)	0,3 (0,0–4,8)
Sairaala B (huone 6432)	1,2 (0,1–14,1)	3,1 (0,0–122,1)	0,2 (0,0–18,1)
Sairaala C (huone AA3.32)	0,5 (0,0–2,8)	1,2 (0,0–71,0)	1,2 (0,0–36,7)

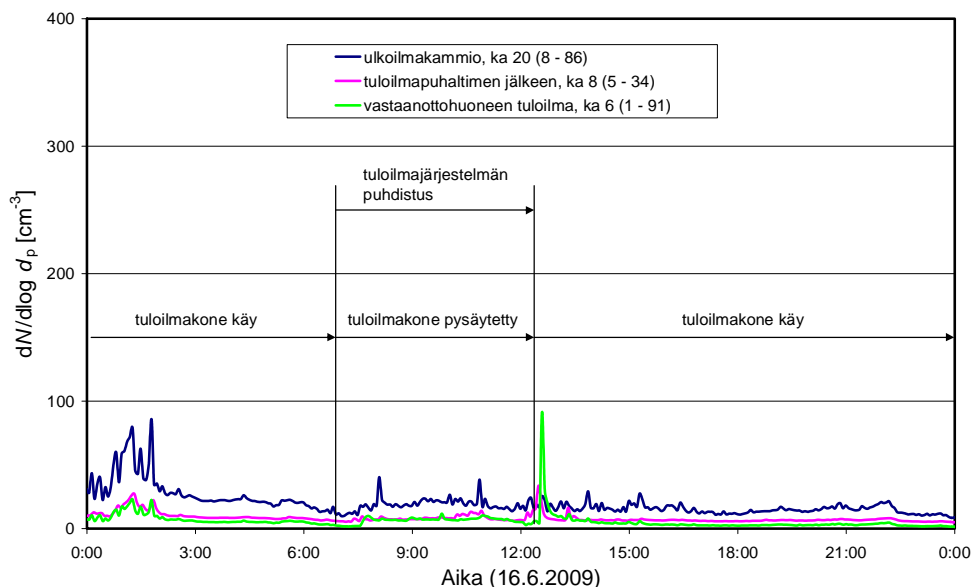
Taulukko 6. Sairaaloiden A, B ja C osastojen tutkimushuoneista mitattu paine-eron vaihtelu ulkoilmaan nähden ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta, puhdistustyön aikana ja sen jälkeen. Sairaalassa C paine-eron vaihtelu mitattiin potilashuoneen AA3.25 ja ulkoilman väliltä.

Sairaala (huone – ulkoilma)	Paine-ero [Pa] ennen puhdistusta, keskiarvo (minimi – maksimi)	Paine-ero [Pa] puhdistustyön aikana, keskiarvo (minimi – maksimi)	Paine-ero [Pa] puhdistustyön jälkeen, keskiarvo (minimi – maksimi)
Sairaala A (huone 109)	-12 (-36–1)	-22 (-67–1)	-11 (-34–2)
Sairaala B (huone 6432)	-6 (-25–16)	-11 (-46–4)	-4 (-24–10)
Sairaala C (huone AA3.25)	-4 (-9–6)	-3 (-39–5)	-7 (-13–2)

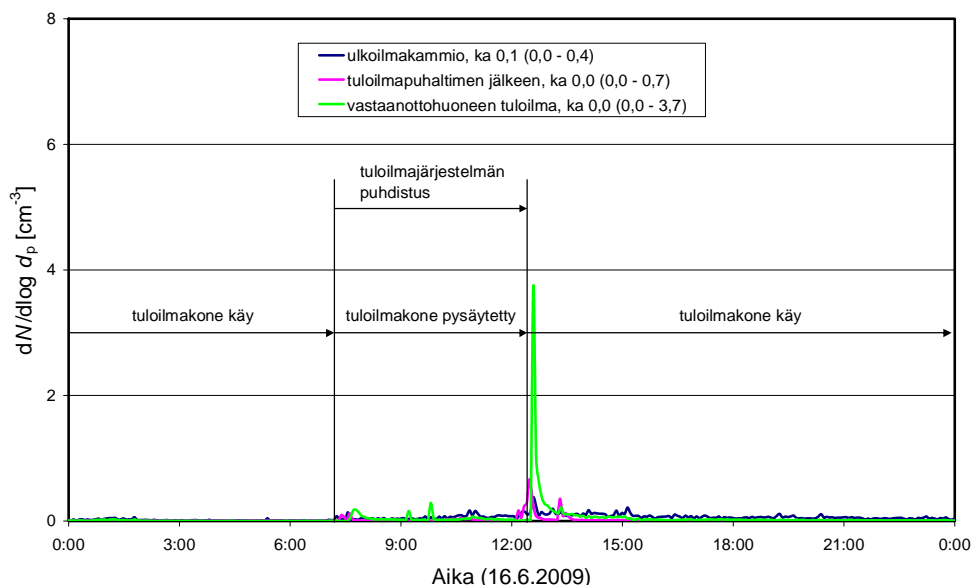
4.4 Hiukkasten irtoaminen puhdistetusta tuloilmajärjestelmästä

Tuloilmakoneen käynnistäminen irrotti hiukkasia puhdistetusta tuloilmajärjestelmästä. Hiukkasia irtosi sekä tuloilmakoneesta että -kanavista. Käynnistys aiheutti pulssimaisen muutoksen tuloilman hiukkaspitoisuuteen. Hiukkaspulssi kesti sairaaloissa A ja C hieman alle tunnin. Hiukkasten irtoamista tuloilmajärjestelmästä oli havaittavissa sairaalassa A myös silloin, kun tuloilmakoneen pyörimisnopeus muuttui äkillisesti yöntä päiväsaikaiselle käytölle. Sairaalan B tuloilmajärjestelmät puhdistettiin 14.–17.4.2009, jolloin osaston tuloilmakone(et) olivat pysähdyksissä päiväsaikaan. Osaston valmisteluhuoneen tuloilmasta mitattua hiukkasmittaustietoa puuttuu ajanjaksolta 14.–20.2009, joten tuloilmakoneen käynnistytksen aiheuttamaa hiukkaspäästöä ei saatu tallennettua tältä ajanjaksolta.

Sairaalan B osaston tuloilmakoneet pysäytettiin ja käynnistettiin kahdesti 21.4.2009. Tuloilmakoneiden käynnistäminen irrotti vain vähäisessä määrin hiukkasia puhdistetusta tuloilmajärjestelmästä ja hiukkaspulssin kesto aika oli alle 10 minuuttia. Kuvissa 14 ja 15 on esitetty sairaalan C ulkoilman, tuloilmakoneelta lähtevän tuloilman ja vastaanottohuoneen tuloilman keskimäärin $0,387 \mu\text{m}$ ja $2,24 \mu\text{m}$ kokoisten hiukkasten lukumäärävaihtelu 16.6.2009. Tuloilmakone käynnistettiin tuloilmajärjestelmän puhdistuksen jälkeen 16.6.2009 noin klo 12.30.



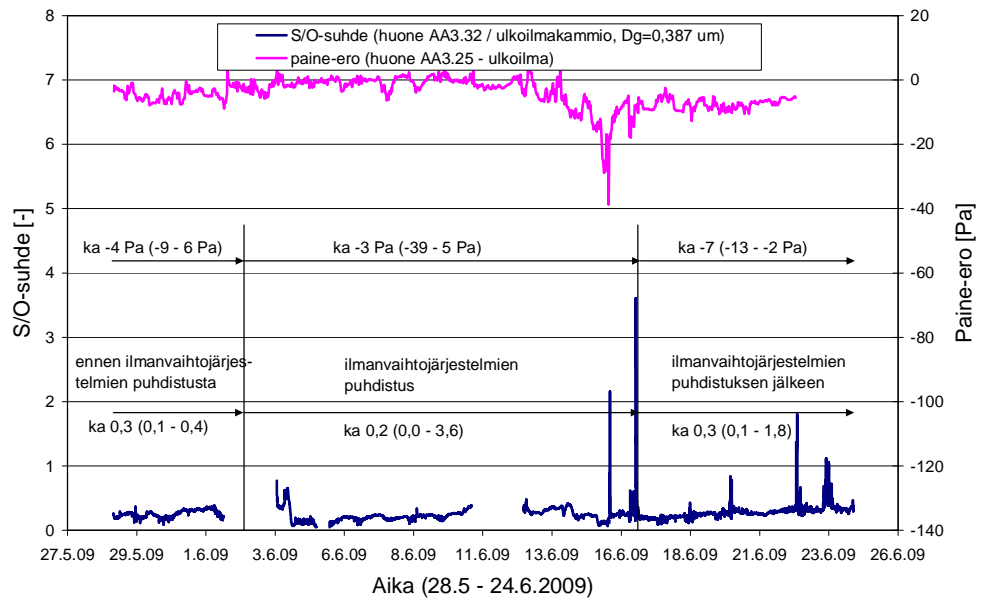
Kuva 14. Sairaala C: Keskimäärin $0,387 \mu\text{m}$ hiukkasten (hiukkaskoon alaraja $0,3 \mu\text{m}$ ja yläraja $0,5 \mu\text{m}$) hiukkaspitoisuusvaihtelu ulkoilmassa, tuloilmakoneelta lähtevässä tuloilmassa ja vastaanottohuoneen tuloilmassa.



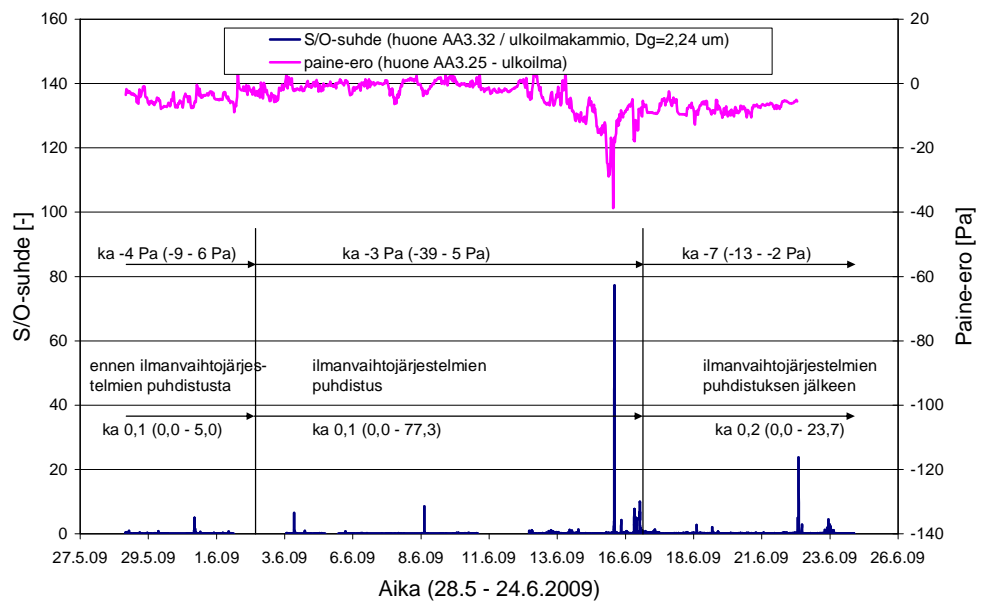
Kuva 15. Sairaala C: Keskimäärin $2,24 \mu\text{m}$ hiukkasten (hiukkaskoon alaraja $1 \mu\text{m}$ ja yläraja $5 \mu\text{m}$) hiukkaspitoisuusvaihtelu ulkoilmassa, tuloilmakoneelta lähtevässä tuloilmassa ja vastaanottohuoneen tuloilmassa.

Kuvissa 16 ja 17 on esitetty sairaalan C osaston vastaanottohuoneen tuloilmasta ja tuloilmakoneen ulkoilmakammioista mitattujen hiukkasten S/O-suhte (Supply/Outdoor ratio) sekä paine-eron vaihtelu potilashuoneen AA3.25 ja ulkoilman välillä ennen puhdistusta, puhdistuksen aika-

na ja sen jälkeen. Osaston tuloilmakone ja -kanavia puhdistettiin 5.6 ja 15.–16.6.2009, jolloin tuloilmakone pysäytettiin aamulla puhdistustöiden alkaessa ja käynnistettiin työpäivän päättyessä. S/O-suhteeseen tuli pulssimainen muutos (kesto noin 45 minuuttia), kun osaston tuloilmakone käynnistettiin 15. ja 16.6.2009. Hiukkasmittaustuloksista puuttuu tietoja ajanjaksoilta 1.–3.6, 5.6 ja 10.–12.6.2009.



Kuva 16. Sairaala C: Vastaanottohuoneen tuloilman ja tuloilmakoneen ulkoilmakammion hiukkasten S/O-suhteen vaihtelu, hiukkaset keskimäärin 0,387 µm (hiukkaskoon alaraja 0,3 µm ja yläraja 0,5 µm), sekä paine-eron vaihtelu potilashuoneen AA3.25 ja ulkoilman välillä.



Kuva 17. Sairaala C: Vastaanottohuoneen tuloilman ja tuloilmakoneen ulkoilmakammion hiukkasten S/O-suhteen vaihtelu, hiukkaset keskimäärin 2,24 µm (hiukkaskoon alaraja 1 µm ja yläraja 5 µm), sekä paine-eron vaihtelu potilashuoneen AA3.25 ja ulkoilman välillä.

4.5 Tulo- ja poistoilmavirtojen poikkeama suunnitteluarvoista

4.5.1 Ilmanvaihdon päiväaikainen käyttö

Sairaalassa A osaston ilmavirrat tasapainotettiin ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen. Potilashuoneiden keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat ilmanvaihdon päiväsaikaisella käytöllä (ilmanvaihto 1/1-pyörimisnopeudella) suunnitteluarvoista noin 4 % ja poistoilmavirrat -3 % puhdistuksen ja tasapainotuksen jälkeen. Osaston muissa huonetiloissa keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista noin -44 % ja poistoilmavirrat -18 % (liite 12).

Sairaaloissa B ja C ilmavirtoja ei tasapainotettu puhdistustöiden jälkeen. Näissä sairaaloissa potilashuoneiden tuloilmavirrat poikkesivat ilmanvaihdon päiväsaikaisella käytöllä suunnitteluarvoista noin -10--9 % ja poistoilmavirrat 14--19 % ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen. Osaston muissa huonetiloissa keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista noin -72--29 % ja poistoilmavirrat -34--3 % (liitteet 13 ja 14).

4.5.2 Ilmanvaihdon yöaikainen käyttö

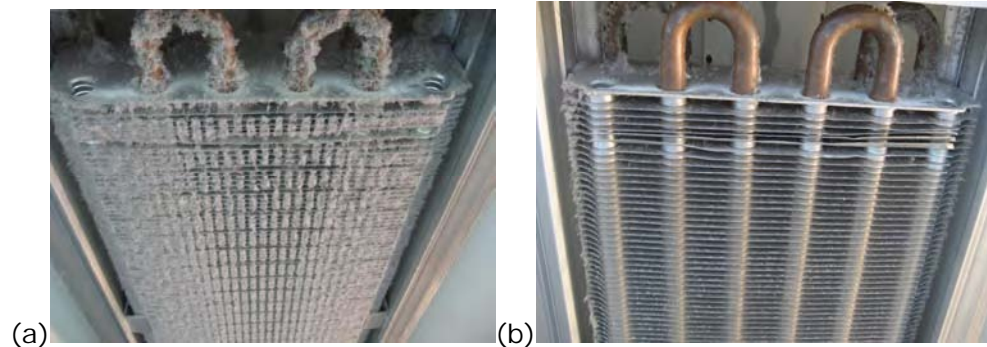
Sairaaloissa A ja B vuodeosastojen ilmanvaihtokoneiden pyörimisnopeutta pienennettiin yön ajaksi (ilmanvaihto 1/2-pyörimisnopeudella). Potilashuoneiden tuloilmavirrat poikkesivat ilmanvaihdon yöaikaisella käytöllä suunnitteluarvoista noin -74--60 % ja poistoilmavirrat -44--43 % ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen. Osaston muiden huonetilojen keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista noin -74--73 % ja poistoilmavirrat -79--50 %. Ilmanvaihdon yöaikaisella käytöllä tulo- ja poistoilmavirrat eivät täyttäneet Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 esitettyjä ohjearvoja.

4.6 Jäähdytyspalkkitutkimus

4.6.1 Jäähdytyspalkkien puhtaus ja puhdistettavuus

Sairaalan D vuodeosastolla noin neljä vuotta käytössä olleet potilashuoneiden jäähdytyspalkit olivat likaantuneet merkittävästi. Osaston kanslian puoleisten huonetilojen palkit olivat likaantuneet potilashuoneiden palkkeja vähemmän. Silmämääräisesti arvioituna epäpuhtauksia oli kertynyt jäähdytyspalkkien lämmönsiirtimien otsapinnoille ja lamellien väliin sekä palkkien jäähdytysvesiputkien pinnoille.

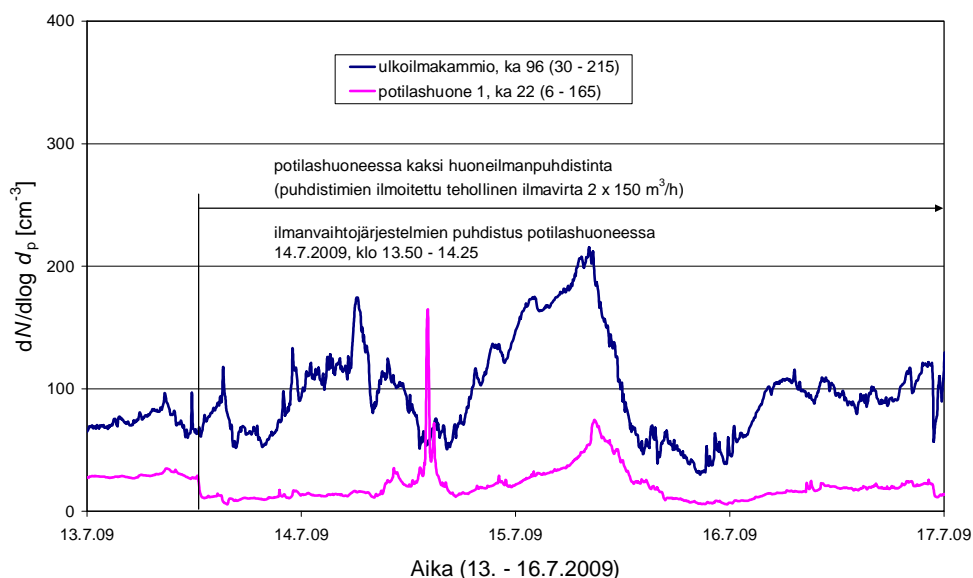
Jäähdytyspalkkien puhdistettavuudessa oli parannettavaa. Huolellisesta imuroinnista huolimatta palkkien lämmönsiirtimien pinnoille jäi epäpuhtauksia (kuva 18). Lämmönsiirtimen päätyjen ja reunojen sekä lamellien välien huolellinen puhdistaminen oli imurin tavallisella suulakkeella hankalaa.



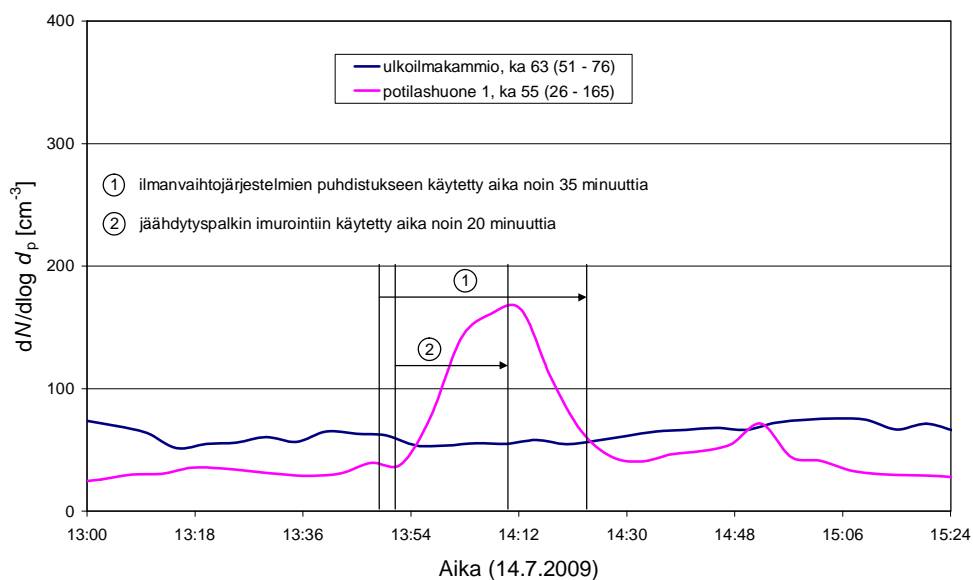
Kuva 18. Sairaala D: Jäähdytyspalkin lämmönsiirrin (a) ennen puhdistusta ja (b) puhdistuksen jälkeen.

4.6.2 Jäähdytyspalkkien puhdistuksen vaikutus sisäilman hiukkaspitoisuteen

Kuvissa 19 ja 20 on esitetty sairaalan D osaston potilashuoneesta 1 ja tuloilmakoneen ulkoilmakammista mitattujen keskimäärin $0,387 \mu\text{m}$ hiukkasten lukumäärävaihtelu ennen potilashuoneen ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistusta, puhdistuksen aikana ja sen jälkeen. Potilashuoneen 1 ilmanvaihtokanavat ja jäähdytyspalkki puhdistettiin 14.7.2009, klo 13.50–14.25. Potilashuoneessa oli 13.7.2009, klo 12 alkaen kaksi huoneilmanpuhdistinta, joiden yhteenlaskettu tehollinen ilmavirta oli puhdistimien 2-teholla noin $83 \text{ dm}^3/\text{s}$ (Genano 310-ilmanpuhdistin 2009).

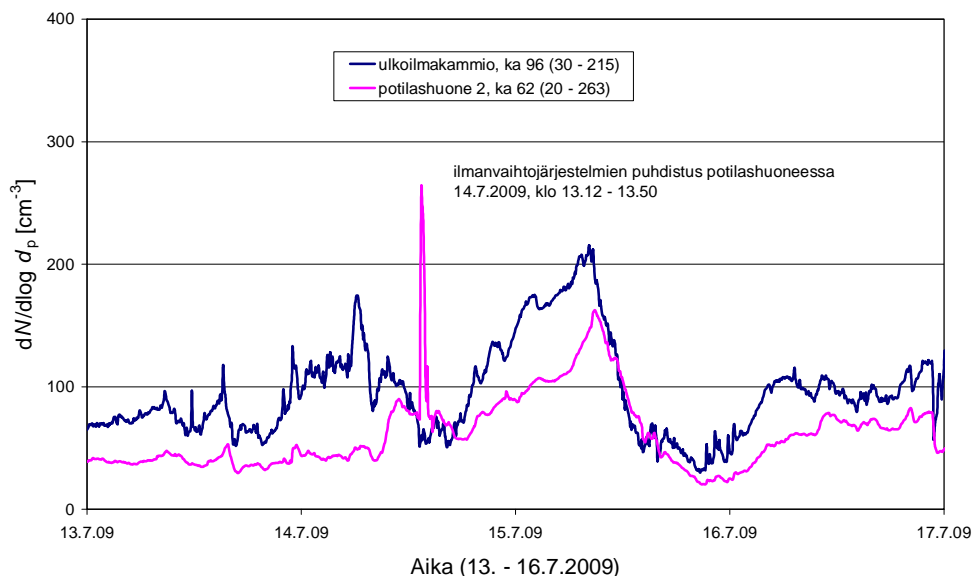


Kuva 19. Sairaala D: Keskimäärin $0,387 \mu\text{m}$ hiukkasten (hiukkaskoon alaraja $0,3 \mu\text{m}$ ja yläraja $0,5 \mu\text{m}$) hiukkaspitoisuusvaihtelu 13.–16.7.2009 tuloilmakoneen ulkoilmakammiossa ja potilashuoneessa 1.

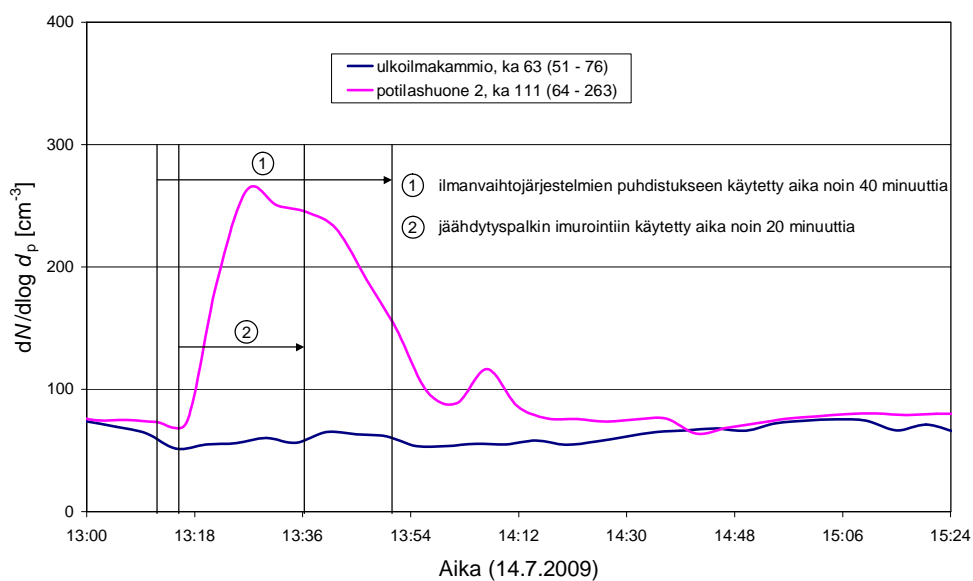


Kuva 20. Sairaala D: Keskimäärin $0,387 \mu\text{m}$ hiukkasten (hiukkaskoon alaraja $0,3 \mu\text{m}$ ja yläraja $0,5 \mu\text{m}$) hiukkaspitoisuusvaihtelu 14.7.2009, klo 13.00–15.24 tuloilmakoneen ulkoilmakammiossa ja potilashuoneessa 1.

Kuvissa 21 ja 22 on esitetty sairaalan D osaston potilashuoneesta 2 ja tuloilmakoneen ulkoilmakammioista mitattujen keskimäärin $0,387 \mu\text{m}$ hiukkasten lukumäärävaihtelu ennen potilashuoneen ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistusta, puhdistustyön aikana ja sen jälkeen. Potilashuoneen 2 ilmanvaihtokanavat ja jäähdytyspalkki puhdistettiin 14.7.2009, klo 13.12–13.50.

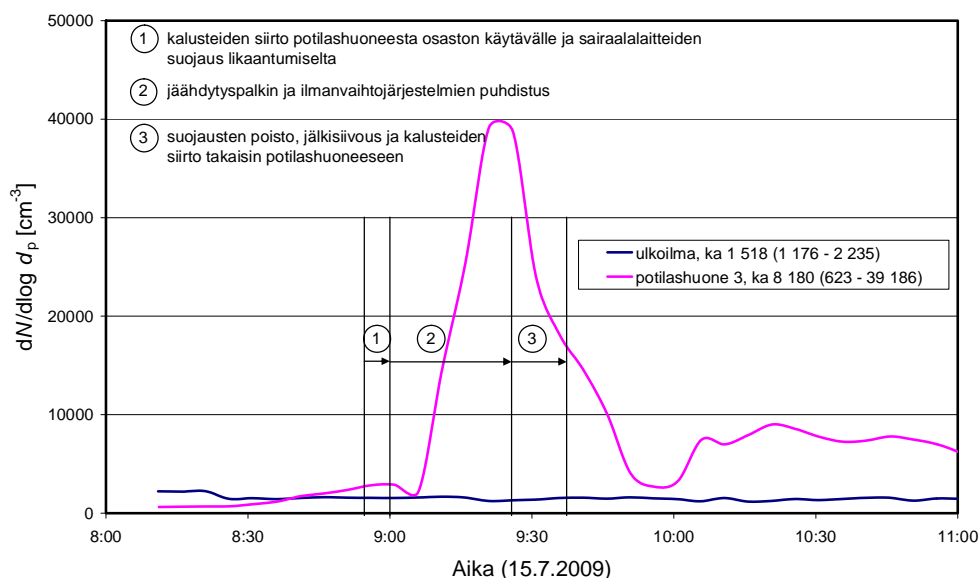


Kuva 21. Sairaala D: Keskimäärin $0,387 \mu\text{m}$ hiukkasten (hiukkaskoon alaraja $0,3 \mu\text{m}$ ja yläraja $0,5 \mu\text{m}$) hiukkaspitoisuusvaihtelu 13.–16.7.2009 tuloilmakoneen ulkoilmakammiossa ja potilashuoneessa 2.



Kuva 22. Sairaala D: Keskimäärin $0,387 \mu\text{m}$ hiukkasten (hiukkaskoon alaraja $0,3 \mu\text{m}$ ja yläraja $0,5 \mu\text{m}$) hiukkaspitoisuusvaihtelu 14.7.2009, klo 13.00–15.24 tuloilmakoneen ulkoilmakammiossa ja potilashuoneessa 2.

Ulko- ja sisäilman hiukkaspitoisuutta mitattiin puhdistustyön aikana lisäksi (TSI P-Trak 8525) pienhiukkaslaskureilla, jotka mittaavat hiukkasten lukumäärää hiukkaskokoalueella $0,02\text{--}1,0 \mu\text{m}$. Kuvassa 23 on esitetty ulkoilman ja potilashuoneen 3 keskimäärin $0,141 \mu\text{m}$ hiukkasten hiukkaspitoisuusvaihtelu eri työvaiheiden aikana.



Kuva 23. Sairaala D: Keskimäärin $0,141 \mu\text{m}$ hiukkasten (hiukkaskoon alaraja $0,02 \mu\text{m}$ ja yläraja $1,0 \mu\text{m}$) hiukkaspitoisuusvaihtelu 15.7.2009, klo 8.10–11.00 rakennuksen katolla ja potilashuoneessa 3.

4.6.3 Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin mikrobimittaukset

Jäähdytyspalkkien pölynäytteistä löytyi bakteereita, jotka eivät aiheuta sairautta terveille ihmisille. Tietyissä olosuhteissa nämä bakteerit voivat aiheuttaa sairauksia potilaille, joiden vastustuskyky on heikentynyt. Palkkeista otetuista pölynäytteistä löytyi homesienilajeja, jotka ovat tavallisia, lähes kaikkialla esiintyviä homesieniä. Terveelle ihmiselle nämä ovat vaarattomia, mutta ne voivat aiheuttaa vakavan infektion potilaille, joiden vastustuskyky heikentynyt. Vertailunäytteissä esiintyi samoja lajeja kuin jäähdytyspalkkien näytteissä. Jäähdytyspalkkien puhdistamisen jälkeen otetuissa näytteissä bakteerimäärät olivat pienemmät, mutta lajisto säilyi melkein samana. Homesienten määrää on vaikea arvioida täsmällisesti, mutta homesienten määrät näyttivät pysyvän lähes muuttomattomina.

Puhallinkonvektorista näytteet otettiin kaksi kertaa. Ensimmäisellä näytteenottokerralla konvektorin kondenssivesiallas oli kuiva ja toisen näytteenottokerran aikana altaassa oli vain vähän kosteutta. Jäähdytyspalkkeista otettuihin näytteisiin verrattuna bakteerien ja homesienten määrät olivat hyvin vähäisiä ja näytteistä löytyi vain lievästi patogeeneja lajeja.

4.6.4 Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin kondenssimittaukset

Jäähdytyspalkkien kondenssimittauksissa kondenssia esiintyi kahdessa palkissa. Kosteutta esiintyi alle 1 % havainnoista. Se vastaa ajallisesti suurimmillaan 19 tuntia mittausajasta. Vertailuna tehdyssä mittauksessa puhallinkonvektorin kondenssivesialtaassa kosteutta esiintyi noin 19 % havainnoista (vastaa 525 tuntia mittausajasta). Kun jäähdytyspalkkeissa esiintyi kondenssia, huoneilman suhteellinen kosteus oli keskimäärin noin 65 % (54–75 %) ja ulkoilman suhteellinen kosteus keskimäärin noin 84 % (50–100 %). Ulkoilman lämpötila oli kondenssin esiintymisajana keskimäärin $19,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($15,7\text{--}25,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ja huoneilman lämpötilat vaihtelivat $21,2\text{--}24,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ välillä. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Sairaala D: Kondenssin esiintyminen sairaalan D jäähdytyspalkeissa ja puhallinkonvektorissa 7.5–2.9.2009.

Mitattava jäähdytyslaite	Havaintojen lukumäärä [kpl]	Havaintoja, jossa anturi havaitsi kosteutta [kpl]	Kosteutta esiintyi havainnoista [%]	Kosteutta esiintyi havainnoista [h]
jäähdytyspalkki	32940	0	0,0	0
jäähdytyspalkki	32943	207	0,6	17
jäähdytyspalkki	32963	231	0,7	19
jäähdytyspalkki	24321	0	0,0	0
puhallinkonvektori (mp ₁)	32814	6302	19,2	525
puhallinkonvektori (mp ₂)	32964	59	0,2	5

mp₁ ja mp₂ ovat mittauspisteet kondenssivesialtaan ala- ja yläosassa

4.7 Siivottavien pintojen likaantuminen puhdistustyön aikana

4.7.1 BM-Dustdetector-pintapölymittari

Sairaaloiden siivottavilta pinnoilta otettujen pölynäytteiden kertymäaika vaihteli 4–20 vuorokauteen. BM-Dustdetector-pintapölymittarilla mitatut keskimäärien pölyisyysprosenttien keskiarvot vaihtelivat sairaaloissa ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta 1,4–4,5 %, puhdistustyön aikana 1,1–5,3 % ja puhdistustyön jälkeen 0,9–2,1 %. Yhteenveto sairaaloiden eri tiloista mitatuista keskimääräisistä pölyisyysprosentteista on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Sairaalat A, B, C ja D: Osastojen tiloista BM Dustdetector-pintapölymittarilla mitatut keskimääräiset pölyisyysprosentit ennen puhdistusta, puhdistustyön aikana ja sen jälkeen.

Sairaala ja näytteenottopiste	Ennen puhdistusta [%]	Puhdistustyön aikana [%]	Puhdistustyön jälkeen [%]
Sairaala A käytävä ¹⁾	1,6	0,9	0,7
potilashuoneet (n=4)	–	1,1	1,2
yleiset tilat (n=2)	2,7	2,1	0,9
keskiarvojen keskiarvo	2,2	1,4	0,9
kertymäaika [vrk]	13	4	7
Sairaala B käytävä (n=2)	1,6	8,2	1,9
potilashuoneet (n=3)	3,4	1,3	1,4
yleiset tilat (n=5)	8,5	6,4	1,9
keskiarvojen keskiarvo	4,5	5,3	1,7
kertymäaika [vrk]	14	16	18
Sairaala C ²⁾	–	3,8	2,0
potilashuoneet (n=3)	–	2,7	2,2
yleiset tilat (n=7)	–	3,3	2,1
keskiarvojen keskiarvo	–	20	15
Sairaala D käytävä (n=2)	1,8	1,3	1,8
potilashuoneet (n=4)	1,0	1,0	1,7
yleiset tilat ³⁾	1,3	0,9	0,5
keskiarvojen keskiarvo	1,4	1,1	1,3
kertymäaika [vrk]	11	7	8

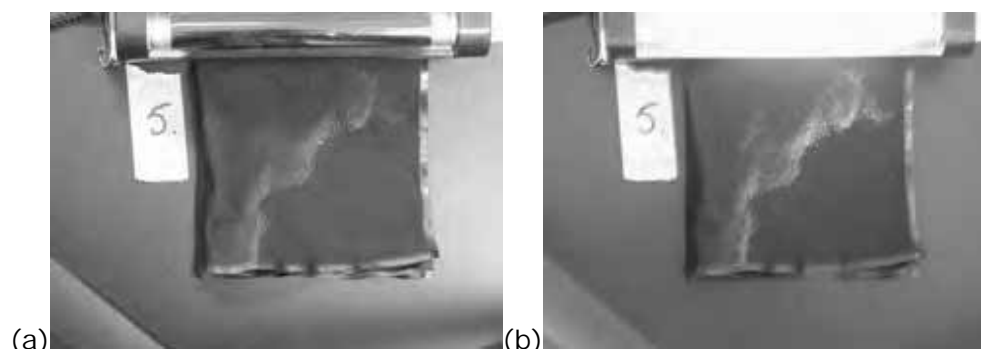
¹⁾ ennen puhdistusta n=2, puhdistustyön aikana ja sen jälkeen n=4

²⁾ arvoja ei mitattu ennen puhdistusta

³⁾ ennen puhdistusta n=4, puhdistustyön aikana ja sen jälkeen n=5

4.7.2 Musta siivouspyyhe ja ultraviolettivalo

Sairaaloissa testattiin mustan siivouspyyhkeen ja ultraviolettivalon soveltuvuutta pintojen puhtauden arviointiin. Kuvassa 24 (a) on mustaan pyyhkeeseen pyyhitty pintapölynäyte ja kuvassa 24 (b) sama näyte ultraviolettivalolla valaistuna. Ultraviolettivalon havaittiin tuovan näytteestä esiin pölyä, joka ei näkynyt ilman lisävaloa.



Kuva 24. Mustaan siivouspyyhkeeseen pyyhitty pintapölynäyte kuvattuna (a) ilman ultraviolettivaloa ja (b) valaistuna ultraviolettivalolla.

4.7.3 Siivottavien pintojen mineraalikuitukertymät

Sairaalassa A mitattiin siivottavien pintojen mineraalikuitujen kertymää ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistustyön aikana. Näytteiden kertymäaika vaihteli 4–13 vuorokauteen. Taulukossa 9 on esitetty yhteenveto siivottavien pintojen keskimääräisistä mineraalikuitukertymistä.

Taulukko 9. Sairaala A: Siivottavien pintojen keskimääräiset mineraalikuitukertymät ennen puhdistusta ja puhdistustyön aikana.

Sairaala ja näytteenottopiste	Ennen puhdistusta ¹⁾ [kuitua/cm ²]	Puhdistustyön aikana ²⁾ (1. mittaus) [kuitua/cm ²]	Puhdistustyön aikana ³⁾ (2. mittaus) [kuitua/cm ²]
Sairaala A			
käytävä (n=2)	0,1	0,8	1,4 ⁴⁾
potilashuoneet (n=4)	–	–	<0,2
yleiset tilat (n=2)	0,1	<0,2	0,2
keskiarvojen keskiarvo	0,1	0,5	0,6
kertymäaika [vrk]	13	4	7

¹⁾ kertymä ajanjaksolta 10.–23.2.2009

²⁾ kertymä ajanjaksolta 23.–27.2.2009

³⁾ kertymä ajanjaksolta 27.2.–5.3.2009

⁴⁾ (n=4)

4.8 Haastattelut

4.8.1 Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnossapidosta vastaavat esimiehet

Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnossapidosta vastaavien esimiehien haastatteluissa tuli esille, että erityisesti peruskorjaamattomien sairaaloiden vuodeosastoilla ilmanvaihdon tyypillisinä ongelmina ovat ilmanvaihdon riittämättömyys, suodattimien ohivuodot, äänenvaimentimien mineraalivillapintojen vauriot ja ilmanvaihtokoneiden ja -kanavien riittämätön tiiviys. Syvät lämmönsiirtimet ovat vaikeasti puhdistettavissa ja puhallinkonvektoreiden kondenssiveden viemäroinnissa ja pumppujen toiminnassa on usein puutteita. Huolettavia laitteita (kuten palonrajoittimia) on sijoitettu huollon, puhdistuksen ja toiminnan tarkastuksen kannalta vaikeapääsyisiin paikkoihin. Sairaaloissa on useita ilmanvaihtojärjestelmiä ja kokonaisuuden hallinta on vaikeaa.

Sairaaloihin tarvitaan lisätietoa siitä, miten ilmanvaihtokanavistot tulisi puhdistaa ja miten puhdistustyö vaikuttaa puhdistettavan alueen sisäilmaolosuhteisiin. Lisäksi sisäilman laadun ja järjestelmien hygieenisyyden kannalta olisi tärkeää tietää, minkälaisia erillisjäähdytyslaitteita ja kierrätysilmaa käyttäviä laitteita on turvallista käyttää sairaaloissa. Sairaaloihin tarvitaan ohjeita, joilla voidaan vähentää potilaiden ja henkilökunnan altistumista puhdistustyöstä aiheutuville epäpuhtauksille.

Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajilla tulisi olla alan koulutus ja riittävä näyttö alan pätevyydestä. Lisäksi tilaajan kannalta on tärkeää, että samat puhdistajat tekevät sovitut työt alusta loppuun asti. Puhdistustyön jälkeistä ilmapurrojen tasapainotusta ei aina tehdä hyväksyttävällä tavalla, ts. ilmapurrot poikkeavat yli sallitun poikkeaman tasapainotustyön jälkeen.

4.8.2 Osastonhoitajat

Osastonhoitajat olivat yleisesti tyytyväisiä tehtyyn puhdistustyöhön. Suurimmiksi viihtyvyysongelmiksi puhdistustyön aikana koettiin ilmanvaihdon riittämättömyys, ikkunoiden kiinnipitämisestä aiheutuva huonelämpötilojen kohoaminen (erityisesti sairaalassa C), puhdistusharjan pyörimisen aiheuttama hankaava ääni ja voimakkaan alipaineen aiheuttama ajoittainen viemärikaasun haju. Osastonhoitajien mukaan ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön ei koettu aiheuttaneen merkittävää haittaa hoitotyölle, vaikkakin puhdistuksen koettiin aiheuttaneen yleistä levottomuutta osaston henkilökunnalle, potilaille ja potilaiden omaisille. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus sairaalan C osastolla, jonka potilas-kuormitus oli puhdistustyön aikana tavanomaista suurempi, oli tuntunut osastohoitajista ajoittain siltä "kuin hullujen huoneella olisi". Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajat saivat erityistä kiitosta joustavuudesta. He olivat ottaneet osaston hoitotyön hyvin huomioon.

Osastonhoitajien mielestä on vähintäänkin "veteen piirretty viiva", minkälaiset potilaat on siirrettävä potilashuoneesta pois ilmanvaihtokanavien ja -laitteiden puhdistuksen ajaksi. Osastonhoitajat sanoivat kuitenkin useimmissa tapauksissa pystyvänsä arvioimaan, milloin potilashuoneiden tyhjennykseen tai muihin erityisjärjestelyihin on ryhdyttävä. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön tilaajan olisi hyvä keskustella osastonhoitajan kanssa hyvissä ajoin ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdis-

tustyön tekemistä, jotta osaston toiminta ja tarvittaessa koko osaston tyhjennys voidaan suunnitella edeltäkin.

Alla on esitetty haastatteluissa esiin tulleita tekijöitä, jotka olisi huomiotava sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien puhdistetusta suunniteltaessa ja toteuttaessa (toimenpide-ehdotus):

- ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöiden aloitusta tulisi järjestää aloituskokous, jossa käsitellään puhdistustyön tekemistä osastolla – aloituskokouksessa tulisi olla paikalla ainakin sairaalan ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnosta vastaava esimies, osastonhoitaja, hygieniahoitaja, sairaalan siivoustyönjohtaja sekä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusrytityksen työnjohtaja ja puhdistajat
- osaston sisäänkäynnin oveen olisi hyvä laittaa tiedote osastolla tehtävästä puhdistustyöstä
- puhdistustyön aikataulu, puhdistajien työajat sekä pölyä ja melua aiheuttavat työvaiheet tulee olla tiedossa aloituskokouksessa
- puhdistustyön etenemisjärjestyksestä osastolla tulee sopia edeltäkin osastonhoitajan kanssa – tämä helpottaa hoitotyön suunnittelua ja ennakkointia osastolla (puhdistajat tutustuvat ilmanvaihtopii- rustuksiin ja osaston ilmanvaihtojärjestelmiin ennen aloituskokous- ta)
- osastonhoitajan tulee olla tietoinen osaston ilmanvaihdon toiminnas- ta ja ikkunatuuletuksen käytöstä puhdistustyön aikana
- puhdistustyötä tulee välttää tekemästä osaston ruokailujen aikana
- puhdistusharjan hankaavan äänen on koettu häiritsevän mm. puhe- limessa keskustelua ja tarkkuutta vaativaa hoitotyötä (puhdistus- työn aikataulutus)
- alakattojen avaamisen on koettu lisäävän huonepintojen likaantu- mista – alakattolevyt tulisi kiinnittää takaisin, kun puhdistustyöt on saatu kyseisen alakaton kohdalta valmiiksi tai kun työ keskeytyy pi- temmäksi aikaa (alakaton avaamisen aikataulutus)
- sairaalalaitteet ja huonepinnat tulee suojata tarvittavilta osin likaant- tumisen estämiseksi puhdistustyön ajaksi (puhdistajien ja siivoojien ohjeistaminen)
- puhdistajien ”levittäytymistä” osaston käytävälle on vältettävä – häiritsee hoitotyötä (puhdistajien ohjeistaminen)
- puhdistuslaitteiden ja sähköjohtojen sijoitukseen osaston käytävillä ja potilashuoneissa tulee kiinnittää erityistä huomiota (puhdistajien ohjeistaminen)
- puhdistajille tulee osoittaa tilat, joita he voivat käyttää ruokailuun ja puhdistuslaitteiden varastointiin ja huoltoon
- puhdistajien ystävällisyys, asiallisuus ja kiireettömyys ovat keskeisiä tekijöitä asiakaspalvelutyössä – viikonlopun kovääniset kuulumiset

tulee hoitaa muualla kuin asiakkaan tiloissa (puhdistajien ohjeistaminen)

- siivoojien tulee olla tietoisia tehtävistä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöistä
- puhdistustöiden jälkeen tulee tarvittaessa järjestää palautetilaisuus.

4.8.3 Siivoustyönjohtajat ja siivoojat

Siivoushenkilöstö koki ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen lisäävän pintojen likaantumista tutkituilla osastoilla, mutta puhdistustöiden ei koettu aiheuttaneen lisätöitä lukuun ottamatta sairaalaa D, jossa potilashuone tyhjennettiin ennen ko. huonetilan ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja huonetila siivottiin puhdistustyön jälkeen. Sairaaloiden siivoojia tulisi informoida nykyistä enemmän osastoilla tehtävistä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöistä.

4.8.4 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajat

Puhdistajat pitivät ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta sairaaloiden osastoilla haasteellisena tehtävänä eteenkin silloin, kun puhdistettavan osaston tiloissa on henkilökuntaa ja potilaita. Puhdistajien on pystyttävä itsenäiseen työskentelyyn ja päätöksentekoon. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus tehdään parityöskentelynä ja työssä tarvitaankin usein kaksia käsipareja. Yksin voi tehdä lähinnä ilmanvaihtokoneiden imurointeja yms. puhdistustöitä. Työryhmässä on yleensä ns. nokkamies, joka ohjaa ja valvoo puhdistustyötä puhdistuskohteessa. Puhdistustyön eteneminen olisi dokumentoitava esimerkiksi värittämällä tehdyt puhdistus- ja tarkastustyöt ilmanvaihtopiirustuksiin. Tällöin puhdistajien vaihtuessa puhdistustyötä jatkavat puhdistajat ovat tietoisia, mitä puhdistuksia ja tarkastuksia sairaalassa on ehditty jo tehdä.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistettavuudessa on puhdistajien mukaan parannettavaa. Tuloilmakanavista puuttuu usein tarvittavia puhdistusluokkuja tai kanavassa olevia luokkuja ei voi käyttää puhdistustyössä. Vaikeasti puhdistettavia järjestelmän osia ovat mm. osa vanhoista päätelaitteista ja jäähdytyspalkeista, syvät lämmönsiirtimet ja suorakaidekanavien kulmat. Kulku ilmanvaihtokonehuoneisiin tapahtuu usein kapeiden ja jyrkkien portaiden kautta, mikä vaikeuttaa huoltoon ja puhdistukseen tarvittavien laitteiden kuljetusta.

Ilmanvaihtokanavien puhdistuksen aikana ilman virtausnopeus puhdistettavassa kanavassa pyritään saamaan mahdollisimman suureksi, jotta kanavien pinnoilta irtoavat epäpuhtaudet siirtyvät ilmapirran mukana pois kanavistosta. Kun tuloilmakanavisto alipaineistetaan ilmanvaihtokonehuoneesta erillisellä puhaltimella ja rakennuksen poistoilmakoneet käyvät samaan aikaan normaalisti, suurentaa tämä huonetilojen ja ulkoilman välistä paine-eroa. Voimakas paine-ero saattaa aiheuttaa vierärikaasun yms. hajujen kulkeutumista huonetiloihin. Huonetilojen alipaineisuutta voidaan vähentää ja samalla ilmanvirtausnopeutta kanavassa suurentaa avaamalla puhdistettavan huonetilan ikkuna puhdistustyön ajaksi raolleen. Tätä kautta ulkoilmaa pääsee virtaamaan poistoilman tilalle. Ikkunan kautta sisään tulevaa ulkoilmaa ei yleensä suodata.

Kanavien puhdistukseen käytettävän harjan vaihto tulisi suunnitella siten, että harja voidaan vaihtaa nopeasti. Tällöin harja tulisi vaihdettua sopivaksi puhdistettavan kanavan koon muuttuessa. Puhdistajat pitivät puukkoa hyvin tarpeellisena työkaluna puhdistustyössä esimerkiksi puhdistusluukun alkureiän teossa kanavaan, alakattolevyjen irrotuksessa ja takaisin laitossa. Osaston paloilmaisimet tulisi kytkeä pois päältä puhdistustyön ajaksi. Ilmanvaihtokonetta käytetään yleisesti työkalujen yms. laitteiden varastona ilmanvaihtokoneiden asennusaikana. Tämä on eräs syy, miksi ilmanvaihtokoneiden lämmönsiirtimien lamellit ja koneen sisäpinnat saattavat olla vioittuneita ennen ilmanvaihtokoneiden käyttöönottoa. Remonttitoiden aikana konehuoneessa yms. tiloissa roikkuu usein sähköjohtoja, joista ei aina tiedä, onko ne kytketty sähköverkkoon.

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus

Tutkimukseen valittujen sairaaloiden A, B ja C vuodeosastoilla ilmanvaihtojärjestelmät puhdistettiin osaston normaalin toiminnan aikana (sairaalan D tuloksia on tarkasteltu luvussa 5.7 Jäähdytyspalkkitutkimus). Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajat pyrkivät työskentelemään siten, että puhdistus olisi haitannut mahdollisimman vähän osaston toimintaa. Osastojen kiireen takia osa puhdistajien työajasta meni odottaessa sopivaa tilaisuutta huonetilojen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistamiseksi. Puhdistajat pitivät sairaalan C ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta erittäin vaativana tehtävänä, koska puhdistustyöt tehtiin hoitotyön kannalta vaativalla osastolla ja jossa oli puhdistustyön aikana kahden osaston toiminta (henkilökunta ja potilaat). Tämä näkyi myös puhdistustyöhön kuluneessa ajassa.

Sairaalan A osastolla ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus aloitettiin tuloilmajärjestelmän puhdistuksella. Osaston tuloilmakone oli pysähdyksissä tuloilmajärjestelmän puhdistuksen ajan. Puhdistajat pitivät tärkeänä, ettei tuloilmakonetta käynnistetä ennen kuin tuloilmajärjestelmä on kokonaan puhdistettu. Tämän vuoksi puhdistajat lukitsivat (riippulukolla) tuloilmakoneen huoltokytkimen huoltoasentoon tuloilmajärjestelmän puhdistuksen ajaksi (24.–27.2.2009). Puhdistustyön yhteydessä tuloilmajärjestelmään tehtiin laajasti vaurioituneiden äänenvaimentimien kunnostuksia sekä muita korjauksia. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus-, kunnostus- ja korjaustöitä tehtiin sairaalassa A seitsemän työpäivän aikana (24.2–4.3.2009). Tulo- ja poistoilmakoneisiin vaihdettiin puhdistustyön yhteydessä uudet suodattimet. Osaston tulo- ja poistoilmavirrattasapainotettiin puhdistustyön jälkeen.

Sairaalan B osastolla ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöt aloitettiin samanaikaisesti poistoilmakanavien ja tuloilmakoneiden puhdistuksella. Tuloilmajärjestelmien puhdistuksen aikana osaston tiloihin vaikuttavat tuloilmakoneet käynnistettiin aina työpäivän päätyttyä yön ajaksi. Puhdistustyön yhteydessä poistettiin yksi vaurioitunut lamelliäänenvaimennin, joka korvattiin puhdistustyön jälkeen uudella äänenvaimentimella. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja äänenvaimentimien kunnostuksia tehtiin sairaalassa B viiden työpäivän aikana (14.–20.4.2009). Tulo- ja poistoilmakoneisiin vaihdettiin puhdistustyön yhteydessä uudet suodattimet. Osaston tulo- ja poistoilmavirtoja ei tasapainotettu puhdistustyön jälkeen.

Sairaalan C osastolla ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöt aloitettiin poistoilmajärjestelmien puhdistuksella. Osaston tuloilmakanavia ei ollut puhdistettu kanavien asentamisen jälkeen. Tuloilmajärjestelmän puhdistuksen aikana osaston tiloihin vaikuttava tuloilmakone käynnistettiin työpäivän päätyttyä yön ajaksi. Tuloilmajärjestelmän äänenvaimentimia ei kunnostettu puhdistuksen aikana. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöitä tehtiin sairaalassa C yhdeksän työpäivän aikana (2.–16.6.2009). Tulo- ja poistoilmakoneisiin vaihdettiin puhdistuksen yhteydessä uudet suodattimet. Osaston tulo- ja poistoilmavirtoja ei tasapainotettu puhdistustyön jälkeen.

Huonetilojen päätelaitteet puhdistettiin sairaaloiden potilashuoneiden, osaston käytävien ja siivouskomeroiden pesualtaissa. Päätelaitteet pes-

tiin lämpimällä vedellä ja liuotinpesuaineilla lukuun ottamatta sairaalaa C, jossa päätelaitteet imuroitiin ennen kanavista irrottamista. Tämän jälkeen ne pestiin lämpimällä vedellä. Ilmanvaihtojärjestelmästä puhdistuksen ajaksi irrotettavat ilmanvaihtolaitteet olisi hyvä puhdistaa ns. sairaalan likaisissa tiloissa ja tarvittaessa desinfioida ennen kiinnittämistä takaisin kanavistoon.

Osaston käytävän ja potilashuoneiden alakattolevyjä jouduttiin avaamaan ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön aikana. Alakattolevyjen päällä oli usein silmämääräisesti havaittavissa epäpuhtauksia ja levyjen irrottaminen oli yksi pölyävä työvaihe puhdistustyössä. Sairaalassa A osaston käytävän alakattolevyn yläpuolinen äänenvaimennusmateriaali oli suojaamatonta mineraalivillaa. Alakattojen yläpintojen ja ilmanvaihtokanavien ulkopintojen puhdistus olisi hyvä ajoittaa ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön yhteyteen. Alakattojen materiaali tulisi olla helpposti puhdistettavissa eikä alakatosta saisi irrota epäpuhtauksia alakattoja irrotettaessa.

Tuloilmakanavat alipaineistettiin puhdistuksen ajaksi alipaineyksiköllä (erillisellä puhaltimella), joka sijoitettiin ilmanvaihtokonehuoneeseen. Sairaalassa C alipaine- ja suodatinyksikkö oli osan ajasta osaston tiloissa. Osastojen tutkimushuoneiden ja ulkoilman väliset paine-erojen maksimiarvot vaihtelivat sairaalan A -67 Pascalista sairaala C -39 Pascaliin tuloilmakanavien alipaineistuksen aikana. Epäpuhtauksia kuljettava jäteilma johdettiin suodattamattomana ulkoilmaan. Erityisesti sairaaloissa jäteilma olisi kuitenkin hyvä suodattaa ennen ulosjohtamista, koska osa ulosjohdettavasta jäteilmasta saattaa kulkeutua tuloilmakoneiden ulkoilman sisäänottoaukkojen tai avattavien ikkunoiden läheisyyteen. Poistoilmakanavien puhdistuksessa kanavapinnoilta irtoavat epäpuhtaudet johdettiin poistoilmapuhaltimen ilmapirran avulla ulkoilmaan. Poistoilmasuodattimien likaantuessa poistoilmavirta pieneni ja poistoilmasuodattimia oli aika ajoin puhdistettava puhdistustyön aikana.

Puhdistajat tarkastivat ilmanvaihtokanavien tiiviiden ja palonrajoittimien toiminnan silmämääräisesti. Ilmanvaihtojärjestelmien tiiviys vaikuttaa mm. ilmanvaihtojärjestelmien energiankulutukseen ja paloturvallisuuteen. Tämän vuoksi ilmanvaihtokoneiden ja -kanavien tiiviysvaatimuksia on tiukennettu rakentamismääräyksiä ja -ohjeita uusittaessa (RakMK D2 1978, RakMK D2 1987 ja RakMK D2 2003). Puhdistajien mukaan sairaaloiden ilmanvaihtokanavien tiiviydessä tai palonrajoittimien toiminnassa ei ollut huomautettavaa.

5.2 Sairaaloiden tulo- ja poistoilmajärjestelmien puhtaus ja kunto

Sairaloissa A ja B tuloilmakanavien likakertymät olivat ennen järjestelmien puhdistusta sairaalan A yhtä mittauspistettä lukuun ottamatta hyvin vähäisiä ja kanavien likakertymät alittivat selvästi Sisäilmaluokituksessa (Sisäilmayhdistys 2008) uusille puhtausluokan P1 järjestelmille asetetun ohjearvon $0,7 \text{ g/m}^2$. Sairaalassa C tuloilmakanavissa oli ennen puhdistusta runsaasti sekä rakennusaikaista karkeampaa likaa että käytön aikana kanaviin kertynyttä pölyä. Kanavien mitattu keskimääräinen likakertymä ($3,0 \text{ g/m}^2$) ylitti käytössä oleville puhtausluokan P1 järjestelmien puhdistustarpeelle asetetun ohjearvon $2,0 \text{ g/m}^2$.

Ennen puhdistusta tehdyissä tarkastuksissa havaittiin sairaaloiden A, B ja C tuloilmajärjestelmissä puutteita, jotka tulisi korjata. Sairaloissa A ja C ulkoilman sisäänoton sääsuojausissa oli vakavia puutteita, joiden

vuoksi tuloilmajärjestelmään saattaa kulkeutua liikaa kosteutta ulkoilmasta. Tämä voi aiheuttaa toiminnallisten ongelmien lisäksi myös mikrobikasvua tuloilman suodattimissa tai tuloilmakoneen pinnoilla. Tutkituissa tuloilmakoneissa havaittiin merkkejä kosteuden kulkeutumisesta ilmanvaihtokoneen esisuodattimille ja suodatinkammioon, mutta kosteuden aiheuttama haitta rajoittui todennäköisesti toiminnallisiin ongelmiin. Yhdessä tuloilmakoneessa ulkoilmapelti oli jumiutunut auki-asentoon ja yhden tuloilmakoneen hienosuodattimessa havaittiin repeämä.

Lämmön talteenotto- ja lämmityspattereissa havaitut runsaat likakertymät aiheuttavat todennäköisesti energian kulutuksen kasvua. Lämmönsiirtimien pinnoilla olevat epäpuhtaudet saattavat heikentää myös tuloilman hygieniää. Lämmönsiirtimien puhdistaminen koettiin erittäin hankalaksi. Tämän vuoksi olisi kiinnitettävä erityistä huomiota tulo- ja poistoilman riittävään suodatukseen, suodattimien ohivuotojen estämiseen ja ilmanvaihtokoneen huoltojen yhteydessä tehtäviin lämmönsiirtopintojen puhdistukseen. Ilmanvaihtokoneiden lämmön talteenottolaitteiden kondenssiveden poisjohtamisessa havaitut puutteet voivat aiheuttaa ongelmia, jos kondensoitunut vesi ei viemäröidy pois altaasta tai epäpuhtauksia pääsee siirtymään ilmanvaihtokonehuoneesta kuivuneen tai puuttuvan vesilukon kautta tuloilmajärjestelmään. Viemäröntien puhtauteen ja kuntoon tulisi jatkossa kiinnittää enemmän huomiota ja vesilukkojen toiminta tulisi tarkistaa vuosittain esimerkiksi suodattimien vaihdon yhteydessä. Tuloilmajärjestelmien äänenvaimentimien pinnoitteissa olevat vauriot tulisi korjata mahdollisimman pian niiden havaitsemisen jälkeen, jotta äänenvaimentimista ei ehdi irrota kuituja ja levitä ilmavirran mukana järjestelmään ja sisäilmaan.

Puhdistuksen jälkeen tehdyissä tarkastuksissa sairaaloiden A ja B tuloilmakanavien puhtaus oli pysynyt ennallaan lukuun ottamatta sairaalan A yhtä mittauspistettä, jossa oli havaittu ennen puhdistusta selkeä rakennusaikainen likakertymä. Sairaalassa C tuloilmakanavien likakertymä pieneni puhdistustyön aikana merkittävästi ja puhdistuksen jälkeen mitattu keskimääräinen likakertymä alitti uusille puhtausluokan P1 järjestelmille annetun ohjearvon ($0,7 \text{ g/m}^2$). Puhdistustyön jälkeen sairaalan C tuloilmakanavissa oli rakennusaikaista likaa ja ohutta pölyä enemmän kuin sairaaloiden A ja B tuloilmakanavissa ennen puhdistusta. Sairaalassa C liitântakanavia osaston käytävältä huonetiloihin ei puhdistettu, koska puhdistusyritys epäili, että tuloilmalaitteiden äänenvaimentimet saattavat vaurioitua puhdistustyön aikana. Näin ollen tuloilman liitântakanavat jäivät likaisiksi.

Poistoilmakanavat olivat sairaaloissa B ja C selvästi likaisemmat kuin sairaalassa A, jossa järjestelmän puhdistuksesta oli kulunut hieman vähemmän aikaa. Puhdistuksen jälkeen poistoilmakanavien likakertymät olivat sairaaloissa B ja C huomattavasti lähtötasoa pienempiä eikä järjestelmien toimintaa haittaavia epäpuhtauskertymiä havaittu. Sairaalassa A poistoilmakanavien puhdistus ei pienentänyt kanavien likakertymää merkittävästi. Poistoilmakanavien likaantumista voidaan vähentää poistoilman päätelaitesuodatuksella. Päätelaitesuodattimia käytettäessä kanavien on oltava riittävän tiiviitä (Holmberg ja Laine 2006).

5.3 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutus mikrobipitoisuuksiin

Ilmanvaihtokanavien pintojen tai tuloilman mikrobipitoisuuksille ei ole annettu tavoitetasoarvoja tai viitearvoja. Terveysperusteisia raja-arvoja sisäilman mikrobipitoisuuksille ei yleensä ole olemassa. Uusin vaurioitumattomille toimistorakennuksille annettu viitearvo sieni-itiöiden osalta on 50 cfu/m^3 ja bakteerien osalta 600 cfu/m^3 (Salonen ym. 2007).

Tuloilmakanavien pinnat olivat suhteellisen puhtaita mikrobien osalta sairaaloissa A ja B ennen puhdistusta. Tästä syystä seurantanäytteitä ei otettu. Kanavien puhtauden tarkastuksessa havaittiin kanavien epäpuhtauksien olevan pääosin rakennusvaiheessa kertynyttä likaa. Sen sijaan sairaalan C noin 25 vuotta sitten asennetussa tuloilmakanavistossa, jota ei ollut puhdistettu asentamisen jälkeen, oli myös käytön aikana kertynyttä epäpuhtautta. Tämä näkyi myös mikrobimittausten tuloksissa; sairaalan C tuloilmakanavien pinnoilla kerätystä pölystä yhdessä näytteessä löytyi sieni-itiöitä. Tämän tutkimuksen mukaan tuloilmakanavien pinnoille ei näyttäisi kertyvän merkittäviä määriä sieni-itiöitä, mihin vaikuttaa mm. tuloilman hyväntasoinen suodatus. Sairaalan B bakteeripitoisuus tuloilmakanavissa oli samaa tasoa kuin koulurakennuksissa (mukana vaurioituneita ja vaurioitumattomia rakennuksia) tehdyn tutkimuksen huoneen pinnoilta otettujen näytteiden geometrinen keskiarvo 40 cfu/cm^2 (Lappalainen ym. 2001).

Poistoilmakanavien pinnoilta mitatut mikrobipitoisuudet olivat korkeampia kuin tuloilmakanavien pinnoilla. Sairaaloiden poistoilmakanavien homesienipitoisuudet olivat yhtä näytettä lukuun ottamatta samalla tasolla tai korkeammat kuin kosteus- ja homevaurioituneiden toimistorakennusten poistoilmakanavista vastaavalla menetelmällä otetuissa näytteissä (Lindroos ym. 1999). Sairaalan B ilmanvaihtokanavien puhdistuksen jälkeen toisessa näytteessä pitoisuus oli yhä korkeampi kuin toimistorakennuksen pölyisistä poistokanavista määritetyt sieni-itiöpitoisuudet. Bakteeripitoisuudet poistokanavan pinnoilla eivät puhdistuksen jälkeenkään vähentyneet.

Tuloilmasta otettujen näytteiden homesienipitoisuudet olivat vähäisiä, mutta bakteeripitoisuudet olivat sairaaloissa A ja C korkeampia kuin mitä ne yleensä ovat toimistotyyppisten tilojen sisäilmassa. Suodatetun tuloilman tulisi aina olla selvästi puhtaampaa kuin sisäilman. Puhdistuksen jälkeen sairaalassa A otetuissa kahdessa näytteessä toisen näytteen bakteeripitoisuus oli merkittävästi laskenut, arvosta 680 cfu/m^3 arvoon 2 cfu/m^3 . Samalta käytävältä toisen työhuoneen tuloilmanäytteen bakteeripitoisuus oli kuitenkin kohonnut (327 cfu/m^3). Syy kohonneelle tuloilman bakteeripitoisuudelle jäi vielä selvitettäväksi. Sairaalan A ulkoilmakammion viemärin toiminnassa oli puutteita ja viemärin toiminta kunnostettiin puhdistustyön yhteydessä. Sairaalan C puhdistuksen jälkeen otetuissa näytteissä sieni-itiöitä oli jopa enemmän kuin lähtötilanteessa, mutta bakteeripitoisuudet olivat kuitenkin hieman vähentyneet. Kohteen liitäntäkanavat jäivät puhdistamatta, joka osaltaan saattaa vaikuttaa pitoisuuksien vähäiseen muutokseen.

Bakteereja oli patogeenisten bakteerien määritysmenetelmällä arvioituna poistoilmakanavissa enemmän kuin tuloilmakanavissa. Tutkimuksessa saatujen tulosten mukaan kanavien puhdistaminen vähentää kanavien pinnoilla olevien patogeenisten bakteerien määrää ja yleensäkin täs-

sä tutkimuksessa geeliputkimenetelmällä (Transpocult®) kerättyjen bakteerien määrää.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistamisen aikana ja sitä seuraavien kahden viikon aikana huonepinnoille näytteisiin (n=8) ei kertynyt poikkeavaa mikrobimäärää tai -lajistoa. Tutkimuksessa pinnoilta otettujen näytteiden määrä oli vähäinen, joten tuloksia on pidettävä hyvin alustavina. Laajempi ja kohdennetumpi näytteenotto olisi antanut tarkemman tiedon puhdistustyön aiheuttamasta mikrobimäärän ja -lajiston vaihtelusta.

Sairaalan C käytävältä puhdistustyön aikana otettu ilmanäyte antoi tuloksen sen hetkisestä tilanteesta. Näytteenoton aikana käytävällä liikkui ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajia, osaston henkilökuntaa, potilaita ja muita henkilöitä. Sisäilman kohonnut bakteeripitoisuus (1347 cfu/m³, ei aktinomykeettejä) voi ainakin osittain selittyä henkilökuormituksella. Mittaustulos kuitenkin viittaa siihen, että hetkellinen ilmanvaihtojärjestelmän pysäyttäminen kohottaa nopeasti sisäilman bakteeripitoisuutta sairaalaympäristössä. Vastaava havainto on tehty aiemmissakin sairaalailman tutkimuksissa (Lappalainen ym. 2009). Tämä tulisi ottaa huomioon ilmanvaihtojärjestelmän puhdistamiseen liittyvissä järjestelyissä ja sairaalan toiminnassa puhdistustyön aikana.

Tuloilmakanavien pinnoille kertynyt pöly etenkin sairaalan C näytteissä oli vanhaa, koska kanavia ei ollut puhdistettu asentamisen jälkeen. Muidenkin sairaaloiden tulo- sekä poistoilmakanavien puhdistamisesta oli 4–5 vuotta. Vuosien aikana kertynyt pöly voi ilmavirtauksen vaihtelun vuoksi irrota kanavien pinnoilta (tässäkin tutkimuksessa suoraan tuloilmasta otetuissa näytteissä oli sieni-itiöitä sekä bakteereja). Tämä mahdollisesti irtoavan pölyn aiheuttama sieni-itiöiden ja bakteerien leviäminen tulee ottaa huomioon etenkin ilmanvaihtokanavia puhdistessa, mutta myös suunniteltaessa ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistusvälejä.

Mahdolliset katkokset ilmanvaihdon toiminnassa voivat joskus aiheuttaa tilanteen, jossa poistoilmakanava toimiikin tuloilmakanavana. Tällöin poistoilmakanavassa olevat bakteerit saattavat kulkeutua sairaalan sisätiloihin. Tässä alustavassa tutkimuksessa havaittiin, että poistoilmakanavissa voi olla samansuuruisia homesieni- ja bakteerimääriä kuin kosteus- ja homevaurioituneiden rakennusten huonepinnoilla. Tämä havainto tulisi ottaa huomioon puhdistamiseen liittyvissä toimintatavoissa (pölyn leviäminen on estettävä ja arvioitava myös puhdistusytöntekijöiden suojautumistarve esim. Ratu-kortin 82-0239 mukaan).

5.4 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön vaikutus I/O-suhteen ja paine-eron vaihteluun

Sairaaloiden A, B ja C tutkimukseen valituissa tutkimushuoneissa mitattiin 0,3–5 µm kokoisten hiukkasten I/O-suhteen vaihtelua. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus vaikutti sekä pienempien että suurempien hiukkasten vaihteluun. Suurimmat vaihtelut I/O-suhteessa oli puhdistustyön aikana 1–5 µm kokoisilla hiukkasilla.

Sairaalassa A osaston tapaamishuoneen ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhde vaihteli erityisesti tuloilmakanavien alipaineistuksen ja puhdistuksen aikana ja vaihtelu oli suurempaa kuin sairaaloiden B ja C tutkimushuoneiksi valituissa tiloissa. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen I/O-suhde oli tapaamishuoneessa pienempi kuin mitä se oli ennen puhdistusta. I/O-suhteen pienenemiseen vaikutti todennäköisesti puh-

distustyön aikana tehty tuloilmasuodattimien kehysten ohivuotojen tiivistäminen. Tapaamishuoneen ja ulkoilman välinen paine-ero oli puhdistustyön aikana keskimäärin suurempi (-22 Pa) kuin sairaaloiden B ja C tutkimushuoneiksi valituissa tiloissa (-11--3 Pa).

Sairaalassa B osaston valmisteluhuoneen ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhde oli korkeampi ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana kuin ennen puhdistusta ja sen jälkeen. I/O-suhde jäi puhdistustyön jälkeen noin vuorokaudeksi likimäärin samalla tasolle kuin mitä se oli puhdistuksen aikana. Yhtenä selittävänä tekijänä tälle voisi olla se, että valmisteluhuoneen ikkuna olisi jäänyt raolleen puhdistustyön päättyttyä. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen I/O-suhde oli tapaamishuoneessa kuitenkin pienempi kuin mitä se oli ennen puhdistusta ja keskimäärin pienempi kuin sairaaloiden A ja C tutkimushuoneiksi valituissa tiloissa puhdistustyön jälkeen. Tuloksia tarkasteltaessa on huomattava, että osaston tutkimushuoneeksi valitun valmisteluhuoneen hiukkasmitaustuloksista puuttuu tietoja neljän mittauspäivän ajalta. Paine-eron vaihtelu valmisteluhuoneen ja ulkoilman välillä oli puhdistustyön aikana suurempaa (keskimäärin -11 Pa) kuin ennen puhdistusta (keskimäärin -6 Pa) ja sen jälkeen (keskimäärin -4 Pa).

Sairaalassa C osaston vastaanottohuoneen ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhde vaihteli puhdistustyön aikana vähemmän kuin sairaaloiden A ja B tutkimushuoneiksi valituissa tiloissa. I/O-suhde jäi puhdistuksen jälkeen likimäärin samalle tasolle kuin mitä se oli puhdistustyön aikana eli I/O-suhde oli puhdistuksen jälkeen korkeampi kuin ennen puhdistusta. Vastaanottohuoneen tuloilman ja ulkoilman hiukkasten S/O-suhde oli keskimäärin samalla tasolla ennen puhdistusta ja sen jälkeen. Osastoa vastapäätä olevan vuodeosaston saneeraus saattoi aiheuttaa lyhytaikaisia käyttökatkoksia osaston ilmanvaihtoon mittausten aikana. Tuloksia tarkasteltaessa on huomattava, että osaston tutkimushuoneeksi valitun vastaanottohuoneen hiukkasmitaustuloksista puuttuu tietoja usean mittauspäivän ajalta. Paine-ero potilashuoneen AA3.25 ja ulkoilman välillä vaihteli puhdistustyön aikana, mutta oli keskimäärin hieman pienempi (-3 Pa) kuin ennen puhdistusta (-4 Pa) ja sen jälkeen (-7 Pa).

5.5 Hiukkasten irtoaminen puhdistetusta tuloilmajärjestelmästä

Tuloilmakoneen käynnistäminen aiheutti pulssimaisen muutoksen tuloilman hiukkaspitoisuuteen. Hiukkasia irtosi käynnistyksen yhteydessä sekä tuloilmakoneesta että -kanavista. Hiukkasten irtoaminen näyttäisi olevan tuloilmajärjestelmissä yksilöllistä (Asikainen 2010a, Asikainen 2010b), mutta kuitenkin suhteellisen lyhytaikaista.

Tuloilmakoneen käynnistämisen lisäksi myös puhaltimen äkillinen pyörimisnopeuden muutos aiheutti hiukkasten irtoamista tuloilmajärjestelmästä. Sairaalan A tuloilmajärjestelmästä ja erityisesti tuloilmakoneesta irtosi hiukkasia silloin, kun tuloilmakoneen pyörimisnopeus vaihtui yöaikaisen käytön pienemmältä pyörimisnopeudelta päivanaikaisen käytön suuremmalle pyörimisnopeudelle. Tällöin hiukkaspulssin kesto aika oli hieman alle tunti eli likimäärin sama aika kuin tuloilmakoneen käynnistyksen yhteydessä. Kun tuloilmakoneen pyörimisnopeus muuttui päiväaikaisen käytön suuremmalta nopeudelta yöaikaisen käytön pienemmälle pyörimisnopeudelle, oli pulssin kesto aika hieman alle puoli tuntia. Ilmanvaihtokoneiden puhaltimien pyörimisnopeuden ohjaaminen tajuusmuuttajalla mahdollistaa hitaampia pyörimisnopeuden muutoksia ilmanvaihtokoneen pysäytyksen, käynnistyksen ja pyörimisnopeuden

muuttumisen yhteydessä. Puhaltimen pyörimisnopeuden hitaampien muutosten vaikutusta hiukkasten irtoamiseen ei selvitetty tarkemmin tässä tutkimuksessa.

Tuloilmakoneissa tulisi käyttää kaksi- tai useampivaiheista ilmansuodattusta (Holmberg ja Laine 2006, SFS-EN 13779, Gustavsson ym. 2010). Ensimmäinen suodatin tulisi sijoittaa tuloilmakoneen alkupäähän ja toinen suodatin koneen loppupäähän. Ilman virtaussuunnassa olevan ensimmäisen suodatusvaiheen tehtävä on suojata tuloilmakoneen osia likaantumiselta. Toisen suodatusvaiheen tehtävä on vähentää ulkoilman epäpuhtauksien ja tuloilmaa käsiteltäessä syntyvien epäpuhtauksien siirtymistä tuloilman mukana sisäilmaan. Ensimmäinen suodattimen luokka tulisi olla vähintään F5, mutta mielellään luokkaa F7. Toisen suodattimen luokka tulisi olla vähintään F7, mutta mielellään luokkaa F9. Käytettäessä yksivaiheista suodatusta tulee suodatinluokan olla vähintään F7.

Tuloilmakoneen puhaltimen ja puhaltimen äänenvaimentimen jälkeinen tuloilma tulisi suodattaa, mikäli halutaan vähentää tuloilmakoneesta ja äänenvaimentimesta peräisin olevien epäpuhtauksien kulkeutumista tuloilman mukana sisäilmaan. Tuloilmakoneen toinen suodatin tulisi silloin sijoittaa ilman virtaussuunnassa tuloilmapuhaltimen ja äänenvaimentimen jälkeen. Tätä suodattimien sijoitustapaa on suositeltu esimerkiksi Sairaallaliiton tekemässä julkaisussa (Sairaaloiden LVI-laitteiden hygienia 1990). Tuloilmakanavan päätelaitteisiin asennettavilla suodattimilla voidaan vähentää sekä tuloilmakoneesta että -kanavista irtoavien hiukkasten siirtymistä tuloilman mukana sisäilmaan. Esimerkiksi leikkaussalin ja steriilin leikkaussaliin johtavan käytävän tuloilman suodatuksessa suositellaan käytettäväksi kolmivaiheista suodatusta ja loppusuodattimeksi H13-luokan suodatinta (VDI 2167). Poistoilmakoneen osien likaantumisen estämiseksi poistoilma tulisi suodattaa vähintään F5-luokan suodattimella (Gustavsson ym. 2010).

5.6 Tulo- ja poistoilmavirtojen poikkeama suunnitteluarvoista

5.6.1 Ilmanvaihdon päiväaikainen käyttö

Tutkimukseen valituilla vuodeosastoilla potilashuoneita ja osastojen kansliatiloja tuuletettiin vuodenajasta riippumatta yleisesti ja pitkäkestoisesti. Osastonhoitajien mukaan pääsyyt ikkunatuuletuksen käyttöön olivat huonetilojen tunkkaisuus, epämiellyttävät hajut, ilman liian korkea lämpötila ja kosteus. Hoitajat kokivat potilashuoneiden ilman laadun erityisen huonoksi nukutun yön ja aamupesujen yms. hoitotöiden jälkeen.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 esitetyt ohjearvot potilashuoneiden ulkoilmavirralla ovat olleet $1,2 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ (RakMK D2 1987), $1,4 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ (RakMK D2 1978) ja $1,5 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ (RakMK D2 2003 ja 2010). Ohjearvojen tarkoitus on varmistaa potilashuoneisiin ilmanvaihto, jolla käyttöaikana taataan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu. Potilashuoneiden tuloilmavirtojen keskimääräiset suunnitteluarvot olivat sairaaloiden A, B ja C osastoilla $1,6\text{--}2,1 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ ja poistoilmavirtojen suunnitteluarvot $1,6\text{--}2,3 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$. Mitatut keskimääräiset tuloilmavirrat olivat ilmanvaihdon päiväaikaisella käytöllä $1,5\text{--}2,1 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ ja poistoilmavirrat $1,3\text{--}2,6 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$. Mitatut keskimääräiset ilmavirrat ja suunnitteluarvot olivat melko lähellä toisiaan, mutta yk-

sittäisissä potilashuoneissa oli mitattujen ja suunnitteluarvojen välillä eroja.

Osastojen muissa huonetiloissa tuloilmavirtojen keskimääräiset suunnitteluarvot olivat 2,2–4,4 dm³/sm² ja poistoilmavirtojen suunnitteluarvot 2,0–4,4 dm³/sm². Mitatut keskimääräiset tuloilmavirrat olivat ilmanvaihdon päiväaikaisella käytöllä 1,1–2,2 dm³/sm² ja poistoilmavirrat 2,0–3,4 dm³/sm². Keskimääräiset tulo- ja poistoilmavirrat olivat suunnitteluarvoja pienempiä ja yksittäisissä huonetiloissa oli mitattujen ja suunnitteluarvojen välillä suuria eroja.

Suurimmat ilmavirtojen poikkeamat suunnitteluarvoista olivat osaston toimisto-, tutkimus- yms. huoneissa. Tämä saattaa johtua siitä, että ilmavirtojen tasapainottajat ovat pyrkineet varmistamaan suunnitelman mukaiset tulo- ja poistoilmavirrat osastojen potilashuoneisiin ja ilmavirrat ovat jääneet riittämättömiksi osaston muissa huoneissa. Rakennusten ilmanvaihtokoneet ja kanavat tulee mitoittaa ja toteuttaa siten, että suunnitelman mukaiset ilmavirrat saavutetaan rakennuksen kaikissa huonetiloissa.

5.6.2 Ilmanvaihdon yöaikainen käyttö

Sairaaloissa A ja B vuodeosastojen ilmanvaihtoa pienennettiin yön ajaksi (ilmanvaihto 1/2-pyörimisnopeudella). Sairaalassa A ilmanvaihto oli yöaikaisella käytöllä klo 21–07 välisenä aikana (10 tuntia) ja sairaalassa B klo 22–06 (9 tuntia). Ilmanvaihdon pienentämisen pääsyy on ilmeisesti ollut energiansäästö. On myös esitetty näkemyksiä, että ilmanvaihdon pienentäminen vähentäisi ilmanvaihdon melua ja melun aiheuttamaa häiriötä potilaiden yönulle.

Potilashuoneista mitatut keskimääräiset tuloilmavirrat olivat ilmanvaihdon yöaikaisella käytöllä 0,4–0,8 dm³/sm² ja poistoilmavirrat 1,0–1,1 dm³/sm². Osaston muista huonetiloista mitatut keskimääräiset tuloilmavirrat olivat 0,6–0,8 dm³/sm² ja poistoilmavirrat 0,6–1,0 dm³/sm². Ilmanvaihdon yöaikaisella käytöllä mitatut tuloilmavirrat olivat vain 25–47 % ilmanvaihdon päiväaikaisen käytöllä mitatuista tuloilmavirtojen arvoista ja poistoilmavirrat 26–58 % mitatuista poistoilmavirtojen arvoista.

Huonetilojen tulo- ja poistoilmavirrat eivät täyttäneet sairaaloissa A ja B Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 ulkoilmavirroille esitettyjä ohjearvoja ilmanvaihdon yöaikaisella käytöllä. Ilmanvaihtojärjestelmien energiatehokkuus ja äänenvaimennus on toteutettava sairaaloissa siten, että vuodeosastojen potilas- yms. huonetilojen tulo- ja poistoilmavirrat täyttävät rakentamismääräysten ohjearvot myös yön aikana.

5.7 Jäähdytyspalkkitutkimus

5.7.1 Jäähdytyspalkkien puhtaus ja puhdistettavuus

Sairaalassa D osaston potilashuoneet tyhjennettiin huonetilojen ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistuksen ajaksi. Potilashuoneiden ripeä tyhjentäminen ja pintojen suojaaminen vaativat sairaalahuollolta ja ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajilta hyvää yhteistyötä. Osaston apulaisosastonhoitajalla oli merkittävä rooli työn organisoinnissa. Potilashuoneiden tyhjennykseen ja sairaalalaitteiden suojaukseen

käytettiin työaikaa noin viidesosa (noin 15 minuuttia) huonetilan tyhjentämiseen, suojaukseen ja puhdistustyöhön käytetystä työajasta. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana osastolla oli yksi ylimääräinen työntekijä auttamassa sairaalahuoltoa tarvittavissa siirto-, suojaus- ja puhdistustöissä.

Potilashuoneiden tyhjennykseen, pintojen suojaamiseen ja puhdistustyöhön käytettiin työaikaa keskimäärin 70 minuuttia. Samaa suuruusluokkaa olevia työaikoja on saatu myös pitempiä aikaisten kokemusten perusteella (Mustasilta 2009): yhden jäähdytyspalkin puhdistamiseen on käytetty työaikaa keskimäärin 75 minuuttia eli kahdelta puhdistajalta on kulunut työaikaa hieman yli puoli tuntia jäähdytyspalkin puhdistamiseen. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusurakoitsijoille maksettu työkustannus jäähdytyspalkkia kohden on ollut sairaalassa noin 50 euroa (alv. 0 %). Ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistuksessa syntyy kustannuksia myös sairaalan oman henkilökunnan työkustannuksista, kuten työnjohdosta, sairaalahuollon ja osaston sairaanhoitohenkilökunnan työkustannuksista.

Jäähdytyspalkkien (BALTiCa) etulevyn avaamiseen ja takaisin kiinnittämiseen tarvittiin kaksi henkilöä. Palkkien lämmönsiirtimen päätyjen, reunojen ja lamellien välien puhdistaminen oli imurin tavallisella suulakkeella hankalaa. Osassa jäähdytyspalkkien lämmönsiirtimien lamelleista oli myös havaittavissa valmistus-, varastointi- ja asennusaikaista epäpuhtautta ja osa lamelleista oli taipunut. Taipuneet lamellit olisi oikaistava huolto- ja puhdistustöiden yhteydessä ns. rivakammalla.

Noin neljä vuotta käytössä olleet potilashuoneiden jäähdytyspalkit olivat likaantuneet merkittävästi. Osaston kanslian puoleisten huonetilojen palkit olivat likaantuneet potilashuoneiden palkkeja vähemmän. Silmä- ja käsiarvioituna suurin osa epäpuhtauksista oli kertynyt jäähdytyspalkkien lämmönsiirtimien otsapinnoille ja lamellien väliin sekä palkkien päissä olevien jäähdytysvesiputkien pinnoille. Jäähdytyspalkkien likaantuminen pienentää todennäköisesti palkkien lämmönsiirtimien läpi kulkevaa ilmavirtaa ja vähentää siten jäähdytyspalkkien jäähdytystehoa.

Jäähdytyspalkkien imurointi kasvatti potilashuoneissa erityisesti pienempien (0,02–1 µm) hiukkasten pitoisuutta. Huonetilaan tulijoita pyydettiin arvioimaan aistinvaraisesti huoneilman laatua ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistuksen jälkeen. Huonetilassa oli aistittavissa epämääräistä hajua, mutta ilman pölyisyyttä huonetilaan tulijat eivät kokeneet aistivansa. Jäähdytyspalkkien puhdistukseen käytetty pölynimuri on suunniteltu hienojakoisen pölyn, kuten betonipölyn imurointiin (Hurricane hienonpölynimurit 2010). Laite-esitteen mukaan pölynimuriin on saatavilla myös erikoissuodattimia (teflon- ja goreteksuodattimia), joiden hiukkasten erotusaste on 99,8 %.

Potilashuoneessa 1 oli puhdistustöiden aikana kaksi huoneilmanpuhdistinta, joiden yhteenlaskettu tehollinen ilmavirta oli puhdistimien 2-teholla noin 83 dm³/s (Genano 310-ilmanpuhdistin 2009). Potilashuoneen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön aikana huoneilmapuhdistimia käytettiin lyhytaikaisesti, noin 10 minuutin ajan puhdistimien 3-teholla. Potilashuoneen 1 (potilas- sulku- ja wc-tilan yhteenlaskettu) tuuloilmavirta oli ilmanvaihtopiirustusten mukaan 35 dm³/s ja poistoilmavirta 40 dm³/s.

Potilashuoneen 1 hiukkaspitoisuus 0,3–0,5 µm hiukkasille oli pienempi ja ilma puhdistui hieman nopeammin ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdy-

tyspalkkien puhdistuksen jälkeen kuin potilashuoneessa 2, jossa ei ollut huoneilmanpuhdistimia. Tulosten tulkinnassa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että potilashuoneiden jäähdytyspalkit olivat likaantuneet eri tavalla. Silmämääräisesti arvioituna potilashuoneen 2 jäähdytyspalkki oli ennen puhdistusta likaisempi kuin potilashuoneen 1 palkki.

Ikkunoiden avaamista pyydettiin välttämään puhdistustöiden aikana. Huoneilmanpuhdistimen vaikutus potilashuoneen hiukkaspitoisuuteen olisi todennäköisesti jäänyt vähäiseksi, jos huonetilaa olisi tuuletettu puhdistustöiden aikana. Huoneilmapuhdistimen tehollisen ilmavirran on puhdistustoimenpiteiden aikana oltava riittävän suuri huonetilaan ja huoneen yleisilmanvaihtoon nähden.

Jäähdytyspalkkien tuloilmakanaviin asennettiin kanavien puhdistukseen tarvittavia puhdistusluukkuja yhteensä 13 kappaletta. Puhdistajien haastattelussa tuli esille yleinen ilmiö; rakennusten tuloilmakanavista puuttuu ilmanvaihtopiirustuksiin merkittyjä puhdistusluukkuja tai asennettuja luukkuja ei voi käyttää puhdistustyössä. Vastaanottotarkastuksissa tulisi huolellisemmin varmistua siitä, että ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytyspalkit ovat helposti puhdistettavissa.

Puhdistajat tarkastivat ilmanvaihtokanavien tiiviiden ja palonrajoittimien toiminnan silmämääräisesti. Tarkastus- ja puhdistuspöytäkirjan (Lepo 2009a) mukaan ei osaston ilmanvaihtokanavien tiiviudessa eikä palonrajoittimien toiminnassa ollut huomautettavaa.

Jäähdytyspalkkien tuloilmakanavien IRIS-säätimet avattiin kanavien puhdistuksen ajaksi. Puhdistuksen jälkeen säätimet palautettiin samoihin säätöarvoihin, joissa ne olivat ennen kanavien puhdistusta. Puhdistajien mukaan potilashuoneiden jäähdytyspalkkien tuloilmakanavissa olevien IRIS-säätimien säätöarvot oli asetettu kaikissa virtaussäätimissä samaan (esisäätö)arvoon.

Ilmavirtamittauspöytäkirjan (Lepo 2009b) mukaan osa osaston ilmanvaihtokanavien IRIS-säätimistä oli sijoitettu kanaviin siten, ettei ilmavirtaa voitu ko. säätimellä säätää. Yhdestä IRIS-säätimestä puuttui säätöasteikko. Huonetilojen tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista -10–13 % ja poistoilmavirrat -40–10 % tasapainotustyön jälkeen. Suurimmat poikkeamat (-40 %) olivat poistoilmakanaviston loppupään huonetiloissa. Ilmavirtojen tasapainotustyyöhön käytettiin työaikaa noin 12 tuntia.

5.7.2 Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin mikrobimittaukset

Sairaaloitten sisäilmassa ja potilashuoneitten kaikilla pinnoilla on bakteereita ja homesieniä. Kaikkein steriileimmissäkin tiloissa ilmassa saattaa olla pieni määrä homesienien itiöitä. Kaikki tutkitut jäähdytyspalkit olivat pölyisiä ja etulevyjä avattaessa palkeista irtosi pölyä. Jäähdytyspalkeista otetut pölynäytteet olivat kuivia. Tässä työssä olisi tarvittu menetelmiä kuivan, vuosikautia vanhan pölyn tutkimusta varten. Erityisesti homeiden ja hiivojen löytäminen näytteistä oli aluksi vaikeaa ja onnistui vasta, kun näyte pidettiin kosteana useiden vuorokausien ajan.

Sairaalan D jäähdytyspalkeista otetuissa näytteissä ei löydetty selvästi patogeenisiä bakteerilajeja. Kaikki todetut bakteerilajit kuuluivat ns. vähemmän patogeenisiin lajeihin eli eivät sairastuta tervettä ihmistä, mutta voivat aiheuttaa yksittäistapauksessa infektion henkilölle, jonka vastustuskyky on alentunut. Jäähdytyspalkkien näytteistä todetut ho-

mesienilajit oli kaikkialla esiintyviä tavanomaisia lajeja. Ongelmaksi eräiden lajien (esim. *Aspergillus sp.*) löytymisen tekee kuitenkin se, että samat lajit saattavat aiheuttaa vakavan infektion vakavasti sairaalle potilaalle. Merkittävyyden arviointi potilaiden infektioturvallisuuden kannalta kuuluu sairaalan infektioiden torjunnasta vastaaville henkilöille.

Jäähdytyspalkkia on pidetty riskialttiina laitteena, jos kosteutta pääsee muodostumaan palkin sisälle kertyneeseen pölyyn. Tällöin olosuhteet bakteerien ja homesienten kasvulle jäähdytyspalkkeissa olisivat otolliset. Tässä tutkimuksessa ei todettu poikkeuksellista mikrobien kasvua jäähdytyspalkkeista otetuista pölynäytteistä. Neljästä jäähdytyspalkista mitattiin kondenssiveden muodostumista ja näistä vain kahdessa todettiin kondenssia, joka oli ajallisesti lyhyt ja määrältään pieni. Tutkittujen jäähdytyspalkkien jäähdytysveden lämpötilansäätö ilmeisesti toimi hyvin, jolloin kondenssikosteutta ei juuri muodostunut ja siitä syystä bakteeri- ja homesienien kasvuedellytykset olivat vähäiset. Tämä tutkimustulos painottaa palkkien toiminnan seuraamista ja koskee vain nyt tutkittuja palkkeja, eikä ole siirrettävissä tai yleistettävissä muihin jäähdytyspalkkeihin.

Puhallinkonvektori tiedetään jäähdytysjärjestelmissä erityisen riskialttiiksi laitteeksi, koska pölyiseen kondenssivesialtaaseen saattaa jäädä kosteutta, joka edistää mikrobien kasvua. Tutkimukseen valittu puhallinkonvektori sijaitsi erityisen steriilissä työpisteessä ja tämän vuoksi se valittiin mukaan tutkimukseen. Konvektori oli ilmeisesti huollettu ja säädetty hyvin toimivaksi ja steriilitilan puhtaus hoidettu huolellisesti, jolloin nämä kaksi asiaa yhdessä selittävät poikkeuksellisen vähäisen bakteeri- ja homesienikasvun konvektorissa. Tämä hyvä mikrobiologinen tulos nyt tutkitusta konvektorin toiminnasta ei ole yleistettävissä, eikä siirrettävissä muiden konvektorien ominaisuudeksi.

5.7.3 Jäähdytyspalkkien ja puhallinkonvektorin kondenssimittaukset

Neljästä mitatuista jäähdytyspalkista kahdessa esiintyi kondenssia ajallisesti alle 1 % mittausajasta eli kondensoitumista esiintyi, mutta suhteellisen vähän. Kyseisessä sairaalassa jäähdytyspalkkien säätöjärjestelmän voidaan katsoa toimineen kesäaikana hyvin. Puhallinkonvektori on suunniteltu kondensoivaksi laitteeksi ja kosteutta esiintyi havainnoista ajallisesti noin 19 % mittausajasta. Tutkittavan puhallinkonvektorin kondenssivesialtaan viemäriputken kaltevuus ei täyttänyt viettoviemäreille asetettua vähimmäiskaltevuutta 10 ‰ (RakMK D1 2007). Tämä on ilmeisesti yleinen asennusvirhe puhallinkonvektoreiden kondenssivesialtaiden viettoviemäreissä.

5.8 Siivottavien pintojen likaantuminen puhdistustyön aikana

Sairaaloiden A, B ja C tutkimukseen valituissa tutkimushuoneista mitattu 0,3–5 µm kokoisten hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu oli ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana suurempaa kuin ennen puhdistusta ja puhdistustyön jälkeen. Suurimmat vaihtelut I/O-suhteessa oli puhdistustyön aikana 1–5 µm kokoisilla hiukkasilla. Näissä sairaaloissa siivottavilta pinnoilta mitatut keskimääräisten pölyisyysprosenttien keskiarvot olivat korkeimmillaan ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana, kun mittaustuloksissa huomioidaan pölyn kertymisaika ja likaantumisen oletetaan olevan lineaarista. Tulokset tukivat silmämääräisiä havaintoja. Tutkimuksen aikana sairaalan C viereisellä osastolla ja sairaalan D osas-

ton käytävään johtavassa hissiaulassa tehtiin pölyävää remonttityötä, joka todennäköisesti vaikutti mittaustuloksiin.

Siivottavilta pinnoilta pyyhitty pöly näkyi hyvin mustassa siivouspyyhkeessä. Ultraviolettivalo toi esiin pölyä, jota ei näkynyt ilman lisävaloa. Mustan pyyhkeen ja ultraviolettivalon soveltuvuutta pintojen likaantumisen arviointiin tulisi selvittää systemaattisilla ja laajemmilla mittauksilla.

Sairaalan A osaston käytävältä mitatut mineraalikuitukertymät olivat koholla puhdistustyön aikana. Sen sijaan osaston huoneiden näytteenotopisteissä mineraalikuitukertymät eivät merkittävästi muuttuneet ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana. Sairaalassa A osaston käytävän alakattolevyn yläpuolinen äänenvaimennusmateriaali oli suojamatonta mineraalivillaa. Osaston käytävällä mitatut kohonneet mineraalikuitukertymät johtuivat todennäköisesti alakattojen avaamisesta, joka on todettu olevan aiemmissakin tutkimuksissa (Kolari ym. 2004) merkittävä mineraalikuitulähde.

5.9 Haastattelut

Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien huollosta ja kunnossapidosta vastaavat esimiehet pitivät tärkeänä, että sairaaloihin saataisiin selkeät käytäntöön sovellettavat ohjeet ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön toteuttamisesta, raportoinnista ja laadunvalvonnasta. Lisäksi järjestelmien hygieenisyyden kannalta olisi tärkeää tietää, millaisia erillisjäähdytys- ja kierrätysilmaa käyttäviä laitteita on turvallista käyttää sairaaloissa.

Osastonhoitajat olivat yleisesti ottaen tyytyväisiä puhdistajien toimintaan. Osastonhoitajat korostivat haastatteluissa riittävän ja tarkan tiedottamisen tärkeyttä. Ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta olisi hyvä järjestää aloituskokous, jossa käydään läpi käytännön asioita, kuten puhdistustyön aikataulua, missä järjestyksessä puhdistustyö etenee osastolla ja miten pinnat ja sairaalalaitteet suojataan likaantumiselta. Tieto tulevasta ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöstä tulisi olla osastonhoitajien tiedossa hyvissä ajoin ennen puhdistustyön tekemistä. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen olisi tarvittaessa järjestettävä palautetilaisuus.

Sairaalan siivoushenkilöstöä tulisi tiedottaa riittävästi sairaalan osastoilla tehtävistä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöistä. Tiloja puhtaana pitävää henkilöstöä tulisi huomioida kaikessa tiedottamisessa ja aikataulun laatimisessa. Tällöin siivoushenkilöstö osaa varautua mm. ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöistä mahdollisesti aiheutuviin lisätöihin.

Puhdistajat pitivät sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta vaativana tehtävänä, jos puhdistustyöt tehdään osaston normaalin toiminnan aikana. Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistettavuudessa on puhdistajien mukaan parannettavaa. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajien haastattelussa tuli esille myös näkemyseroja mm. puhdistusjärjestyksestä ja toimintavoista (ks. liitteen 11 taulukot 1–10).

6 YHTEENVETO

Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmät on puhdistettava säännöllisesti. Tuloilmajärjestelmien puhdistuksella ylläpidetään pääasiassa tuloilmajärjestelmien hygieniää ja poistoilmajärjestelmien puhdistuksella poistoilmajärjestelmien paloturvallisuutta. Molemmat ovat tärkeitä tekijöitä sairaaloissa. Jo vanhentuneen, mutta edelleen ohjeena käytettävän Sisäasiainministeriön asetuksen 802/2001 mukaan sairaaloiden ilmanvaihtokanavat ja laitteistot on puhdistettava vähintään viiden vuoden välein. Määräaikaisen puhdistuksen lisäksi ilmanvaihtojärjestelmiä on huollettava laitteiden hoito- ja huolto-ohjeiden edellyttämällä taajuudella ja tavalla.

Sairaaloiden vuodeosastoilla olevat jäähdytyspalkit likaantuvat käytön aikana. Jäähdytyspalkkien likaantumiseen vaikuttavat useat tekijät kuten huoneen käyttötarkoitus, henkilökuormitus ja palkin tuloilmavirta. Jäähdytyspalkkien säännöllinen puhdistus edistää palkkien suunnitellun mukaista toimintaa. Jäähdytyspalkkien tulee olla helposti puhdistettavissa ja tarvittaessa palkkien likaantuvien osien kuten lämmönsiirtimien tulee olla helposti irrotettavissa pesua tms. huoltotyötä varten. Sairaaloiden huonetilojen jäähdytykseen käytettäviä jäähdytyslaitteita tulisi kehittää siten, että niiden hygieniää voidaan ylläpitää nykyistä helpommin. Tässä tutkimuksessa saatujen kokemusten perusteella sairaaloiden potilashuoneiden jäähdytyspalkit tulisi puhdistaa vähintään 1–2 vuoden välein ja toimistohuoneissa olevat jäähdytyspalkit vähintään 2–5 vuoden välein. Potilashuoneiden tyhjennykseen, pintojen suojaamiseen ja varsinaiseen ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistustyyöhön tulisi varata työaikaa vähintään yksi tunti huonetilaa kohti.

Sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien puhdistettavuudessa on parannettavaa. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden syvät lämmönsiirtimet, suorakaidekanavien nurkat ja osa vanhemmista tuloilman päätelaitteista on vaikeasti puhdistettavissa. Tuloilmakanavista puuttuu usein tarvittavia puhdistusluukkuja, ja huolettavia ilmanvaihtolaitteita on sijoitettu huollon ja puhdistuksen kannalta ahtaisiin tai vaikeapääsyisiin paikkoihin. Ahtaat kulkureitit vaikeuttavat suurempien puhdistuslaitteiden kuljettamista ilmanvaihtokonehuoneisiin ja huoltotiloihin. Puhdistajien asiantuntemusta ja kokemusta tulisi hyödyntää, kun suunnitellaan ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistettavuuden parantamista.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana sisä- ja ulkoilman hiukkasten I/O-suhteen vaihtelu oli suurempaa kuin ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistustyön jälkeen. I/O-suhteen vaihtelu oli suurinta tuloilmajärjestelmän puhdistuksen aikana, jolloin myös paineeron vaihtelu oli huone- ja ulkoilman välillä suurinta. Huonetilojen liiallinen alipaineisuus saattaa aiheuttaa hiukkasmaisten epäpuhtauksien kulkeutumista osastoa ympäröivistä tiloista ja vuotoilmareittien kautta rakenteista osaston sisäilmaan. Voimakas alipaine saattaa aiheuttaa myös viemärikaasujen yms. hajujen kulkeutumista osaston huonetiloihin. Osaston alipaineisuutta voidaan vähentää puhdistustyön aikana pysäyttämällä alipaineyksikön puhallin puhdistustyön keskeytyessä puhdistajien ruokailujen ja muiden pidempään kestävien taukojen ajaksi.

Sairaaloissa tulo- ja poistoilmakoneiden vaikutusalue on yleensä laaja. Tämän vuoksi tuloilmakoneen pysäyttäminen vaikuttaa useamman kerroksen ja osaston ilmanvaihtoon. Poistoilman tilalle tulevan ulkoilman sisään johtamiseen tulee kiinnittää huomiota tuloilmakoneiden pidempiai-

kaisten pysäytysten ja ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön aikana. Huonetilojen voimakasta ja pitkäaikaista alipaineistamista olisi vältettävä.

Tuloilmakoneen käynnistäminen ja -koneen äkillinen pyörimisnopeuden muutos irrotti hiukkasia puhdistetusta tuloilmajärjestelmästä. Hiukkasia irtosi sekä tuloilmakoneesta että -kanavista. Hiukkasten irtoaminen näyttäisi olevan suhteellisen lyhytaikaista tuloilmakoneen käynnistytksen jälkeen. Tuloilmakoneen tarpeetonta pysäyttämistä ja käynnistämistä olisi kuitenkin vältettävä. Tuloilmakoneesta irtoavien hiukkasmaisten epäpuhtauksien siirtymistä tuloilman mukana sisäilmaan voidaan vähentää suodattamalla tuloilmakoneen puhaltimen ja äänenvaimentimen jälkeinen tuloilma. Tuloilman päätelaitesuodatuksella voidaan vähentää myös tuloilmakanavista irtoavien hiukkasten siirtymistä sisäilmaan.

Tuloilmasuodattimien hiukkasten erotusasteella ja suodattimien ohivirtauksilla on merkittävä vaikutus tuloilman hiukkaspitoisuuteen ja tuloilmajärjestelmän likaantumiseen. Tulo- ja poistoilmasuodattimet tulisi vaihtaa ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen yhteydessä. Suodattimien kuntoon ja ohivirtauksiin tulee kiinnittää erityistä huomiota ilmanvaihtojärjestelmien huolto- ja puhdistustyössä.

Tulo- ja poistoilmalaitteet ja virtaussäätimet tulisi puhdistaa sairaalan ns. likaisissa tiloissa. Puhdistuksen jälkeen päätelaitteiden ja virtaussäätimien säätöosat tulee palauttaa samoihin säätöarvoihin ja kiinnittää takaisin samoihin kanava-aukkoihin, jossa ne olivat ennen puhdistusta. Tämä käytäntö helpottaa ilmavirtojen tasapainotusta puhdistustyön jälkeen.

Alakattolevyjen irrottaminen on yksi pölyävä ja pintoja likaava työvaihe puhdistustyössä. Alakattolevyt tulisi kiinnittää takaisin, kun huolto- ja puhdistustyöt on saatu kyseisen alakaton kohdalta valmiiksi tai kun työ keskeytyy pitemmäksi aikaa. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja alakattolevyjen irrotusta tulisi välttää tekemästä osastojen ruokailujen aikana.

Puhdistustyössä kanavapinnoilta irtoavien epäpuhtauksien määrä voi olla hetkellisesti korkea, minkä vuoksi hiukkaset on suodatettava alipaineistajan ja poistoilmapuhaltimien jäteilmasta. Tällä vältetään epäpuhtauksien kulkeutuminen rakennusten ulkoilman sisäänottoaukkojen tai avattavien ikkunoiden läheisyyteen. Likaantuneet suodattimet on hävitettävä asianmukaisesti.

Puhdistustyössä apuna käytettävä pölynimuri saattaa olla merkittävä hiukkaslähde, jos imurin ulospuhallusilmaa ei suodateta riittävän tehokkaalla suodattimella. Sairaaloissa puhdistustyön tilaajan olisi hyvä esittää jo tarjouspyyntövaiheessa urakoitsijalle vaatimukset pölynimureille ja muille puhdistustyössä käytettäville puhdistuslaitteille.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen yhteydessä puhdistajien tulee tarkastaa ilmanvaihtokanavien tiiviys ja palonrajoittimien toiminta. Sairaaloissa ilmanvaihtojärjestelmien paloturvallisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota ja tämän vuoksi ilmanvaihtokanavien tiiviys tulisi tarkastaa puhdistuksen yhteydessä painekokeella. Paineekokeen suuritöisyyden takia tiiviysmittauksia ei ole sairaaloissa kuitenkaan juuri tehty. Ilmanvaihtokanavien tiiviyttä ja tiiviysmittausten tarpeellisuutta tulisi selvittää sairaaloissa tarkemmin.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen yhteydessä havaitaan usein laitevikoja ja epäkohtia, joiden kunnostamisella voidaan parantaa järjestelmien hygieniää ja toimintaa. Esimerkiksi ulkoilman sisäänoton sääsuojaus on usein riittämätön lumen ja kosteuden kulkeutumisen estämiseksi tuloilmajärjestelmään. Ilmanvaihtokoneiden kammioiden ja kondenssiveden viemäroinnin toiminnassa on myös usein puutteita. Puhdistustyön yhteydessä äänenvaimentimien pintojen kunto on tarkastettava ja vaurioituneet äänenvaimentimet on vaihdettava tai kunnostettava. Äänenvaimentimien kunnostukseen käytettävien sidonta-aineiden ja pinnoitteiden kestoikästä ei ole tutkittua tietoa.

Ilmanvaihtokanavien ja laitteiden pinnoille kertyvien epäpuhtauksien syttymisherkkyyttä ja sen vaikutusta ilmanvaihtojärjestelmien paloturvallisuuteen tulisi selvittää tarkemmin. Lisätietoa tarvitaan myös siitä, miten puhdistustyö vaikuttaa sisäilman laatuun, tilojen käyttäjien oireisiin, ilmanvaihtojärjestelmien energiankulutukseen, ilmavirtoihin ja järjestelmien toimintahäiriöihin. Puhdistustyössä käytettävien desinfiointi-, pinnoitus- ja kapselointiaineiden käytöstä mahdollisesti aiheutuvia terveyshaittoja tulisi selvittää myös tarkemmin (Zuraimi 2010).

Sairaaloiden vuodeosastoilla potilashuoneiden ilmanvaihto koetaan usein riittämättömäksi ja tämän vuoksi osastojen huonetiloja tuuletetaan yleisesti ja pitkäkestoisesti. On myös yleistä, että vuodeosastojen ilmanvaihtoa pienennetään yön ajaksi, mikä osaltaan huonontaa sisäilman laatua. Sairaaloiden öisin käytössä olevien potilas-, tutkimus-, työ- yms. huonetilojen ilmanvaihtoa tulee käyttää siten, että Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 ulkoilmavirroille annetut ohjearvot täyttyvät myös yön aikana.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen huonetilojen ilmavirrat on mitattava ja tasapainotettava vastaamaan suunnitteluarvoja. Järjestelmä- ja tilakohtaisille ilmavirroille annettuja suurimpien sallittujen poikkeamien ($\pm 10\%$ ja $\pm 20\%$) ylityksiä ei saisi hyväksyä. Ilmavirtamittausten yhteydessä tulee myös tarkastaa, että tilojen väliset paine-erot ovat tarkoituksenmukaiset.

Puhdistajat joutuvat työskentelemään riskialttiissa paikoissa kuten ilmanvaihtokoneiden kammioiden ja kanavien sisällä, tikkailla ja rakennusten katoilla. Lisäksi puhdistajat saattavat tietämättään alistua työssään mikrobeille ja mahdollisesti myös tartuntavaarallisille epäpuhtauksille. Tutkimuksessa tehtyjen mikrobimittausten perusteella on suositeltavaa, että ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajat välttäisivät puhdistustyön aikana irtoavan pölyn hengitystiealtistusta ja ihokosketusta puhdistettaviin pintoihin, koska pöly saattaa sisältää sairastumisen vaaraa aiheuttavia tekijöitä. Sairaalan tulisi antaa puhdistajille tiedot mahdollisista vaaroista, jos puhdistetaan erityistiloja tai -osastoja (esim. tuberkuloosi eli *Mycobacterium*-infektion vaara). Puhdistajia tulee kouluttaa ja motivoida käyttämään tarvittavia suoja- ja turvalaitteita puhdistustyössä.

Jäähdytyspalkkeja käsiteltäessä niistä irtoaa kuivaa ja ilmassa kauan leijuvaa hienoa pölyä. Tähän ja mikrobiologiseen tutkimukseen perustuen on suositeltavaa, että (1) potilaat eivät oleskele jäähdytyspalkkien puhdistuksen aikana huoneessa. Huoneen kalusteet ja sairaalalaitteet tulee siirtää ja suojata tarvittavilta osin likaantumisen estämiseksi. (2) Puhdistuksessa irronneen pölyn tulee antaa rauhassa laskeutua pinnoille ja tämän jälkeen kaikki huone-, kaluste yms. pinnat puhdistetaan huolellisesti. (3) Huone voidaan ottaa potilaskäyttöön sitten, kun huoneen il-

manvaihdon ja jäähdytysjärjestelmien toiminta on varmistettu huonepintojen puhdistuksen jälkeen. Kohdat (2) ja (3) koskevat huonetiloja, joilta vaaditaan mikrobiologisesti erityisen puhdasta sisäilmaa. Sairaaloissa on vakavien infektioiden hoidolle vaatimustasoltaan hyvinkin erilaisia tiloja. Puhdistustyötä suunniteltaessa tulee sopia sairaalan hoitohenkilökunnan kanssa puhdistettavien tilojen käytöstä ja niiden erityisvaatimuksista.

Osa ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöistä joudutaan tekemään osastojen normaalin toiminnan aikana. Ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta tulisi osastolla järjestää aloituskokous, jossa käsitellään mm. puhdistustyön aikataulua, puhdistusjärjestystä, osaston ruokailuaikoja, epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi tehtäviä toimenpiteitä ja sitä, miten puhdistajat suojautuvat tartuntavaarallisilta epäpuhtauksilta. Osaston potilaat tulisi pyrkiä siirtämään potilashuoneista muihin tiloihin, kun ko. potilashuoneen ilmanvaihtojärjestelmiä puhdistetaan. Osastonhoitajalla on tärkeä rooli osastolla tehtävien siirto-, suojaus- yms. töiden organisoinnissa. Puhdistustyön tekeminen osaston normaalin toiminnan aikana edellyttää osaston- ja hygieniahoitajan, sairaalan teknisen ja laitoshuollon sekä puhdistajien tiivistä ja hyvää yhteistyötä. Yhteistyössä tulee panostaa riittävään ja tarkkaan tiedottamiseen.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön "standardoinnissa" on vielä paljon tekemistä, jotta voidaan puhua ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön ammattimaisesta toteuttamisesta sairaaloiden vuodeosastoilla. Esimerkiksi puhdistajien työtavoissa, henkilökohtaisten suojaimien käytössä ja pintojen suojaamisessa on eroja ja käytäntöjä tulisi yhtenäistää. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön tilaamisesta, puhdistustyöstä, vastaanottotarkastuksesta ja puhdistustyön raportoinnista tulisi tehdä selkeät ohjeet sairaaloille. Lisäksi tarvitaan ohjeita mm. siitä, miten tilojen käyttäjät toimivat osastojen tiloissa ja miten sairaalan siivousta tulee tehostaa ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana ja sen jälkeen. Taulukoissa 10 ja 11 on esitetty tekijöitä, jotka olisi huomioitava sairaaloiden vuodeosastojen ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistuksessa sekä ilmavirtojen tasapainotuksessa.

Taulukko 10. Sairaalan vuodeosaston ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyössä huomioitavia tekijöitä.

Asia tai tehtävä	Puhdistustyössä huomioitavia asioita
Ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistustarve	<ul style="list-style-type: none"> sairaaloiden ilmanvaihtokanavat ja laitteistot on puhdistettava vähintään 5 vuoden välein sairaaloiden potilashuoneiden jäähdytyspalkit tulisi puhdistaa vähintään 1–2 vuoden välein ja toimistohuoneissa olevat jäähdytyspalkit vähintään 2–5 vuoden välein määräaikaisen puhdistuksen lisäksi ilmanvaihtojärjestelmiä on huollettava laitteiden hoito- ja huolto-ohjeiden edellyttämällä taajuudella ja tavalla
Aloituskokous puhdistustyöstä	<ul style="list-style-type: none"> ennen puhdistustyön toteutusta pidetään aloituskokous, jossa käsitellään käytännön asioita, kuten puhdistustyön aikataulua, puhdistusjärjestystä, epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi tehtäviä toimenpiteitä ja tiedottamiskäytäntöjä osastonhoitajalle selvitetään huonetilojen ilmanvaihdon toiminta ja ikkunatuuletuksen käyttö puhdistustyön aikana osaston sisäänkäynnin oveen olisi hyvä laittaa tiedote tehtävästä puhdistustyöstä
Potilas-, henkilö- ja työturvallisuuden huomiointi	<ul style="list-style-type: none"> puhdistustyön turvallisuuden arviointi potilaiden infektioturvallisuuden kannalta kuuluu sairaalan infektioiden torjunnasta vastaaville henkilöille puhdistustyöt on pyrittävä tekemään osastojen ollessa suljettuina mikäli puhdistustöitä tehdään osaston normaalin toiminnan aikana, on potilaat pyrittävä siirtämään potilashuoneista pois ko. potilashuoneen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöiden ajaksi puhdistusta yms. pölyäviä töitä ei saa tehdä osastojen ruokailujen aikana puhdistajien tulee käyttää tarvittavia suojaimia puhdistustyössä tilaajan ja tuottajan vastuut tulee sopia kirjallisesti
Puhdistukseen käytettävien laitteiden vaatimuksia	<ul style="list-style-type: none"> työhön käytettävien laitteiden tulee olla huollettuja, turvallisia ja sairaalakäyttöön sopivia pölynimureissa on oltava HEPA-luokan suodatus
Epäpuhtauksien leviämisen hallinta puhdistustyön aikana	<ul style="list-style-type: none"> alipaineyskikko on sijoitettava rakennukseen siten, että siitä aiheutuva haitta on mahdollisimman vähäinen tilojen käyttäjille ja ympäristölle epäpuhtauksia kuljettava jäteilma tulee suodattaa ennen ulosjohtamista huonetilojen liian voimakasta alipaineistusta tulee välttää
Pintojen suojaus puhdistustyön aikana	<ul style="list-style-type: none"> sairaalalaitteet ja -tarvikkeet sekä huonepinnat suojataan tarvittavilta osin likaantumisen estämiseksi puhdistustöiden ajaksi
Päätelaitteiden ja virtaussäätimien puhdistus	<ul style="list-style-type: none"> kanavista irrotettavat päätelaitteet ja virtaussäätimet tulee puhdistaa sairaaloiden ns. ilkaisissa tiloissa puhdistuksen jälkeen päätelaitteiden ja virtaussäätimien säätöosat on palautettava samoihin säätöarvoihin ja kiinnitettävä takaisin samoihin kanavaaukkoihin, jossa ne olivat ennen puhdistusta
Huonetilojen käyttöönotto puhdistustöiden jälkeen	<ul style="list-style-type: none"> potilashuoneen ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyspalkkien puhdistukseen on varattava työaikaa vähintään 1 tunti potilashuonetta kohti potilashuoneiden yms. tilojen siivous ja käyttöönotto tulisi tehdä vasta noin 30–60 minuutin kuluttua puhdistustöiden jälkeen

Taulukko 10. Sairaalan vuodeosaston ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyössä huomioitavia tekijöitä. (Jatkuu edelliseltä sivulta.)

Asia tai tehtävä	Puhdistustyössä huomioitavia asioita
Puhdistustyön yhteydessä tehtävät tarkastukset	<ul style="list-style-type: none"> – puhdistuksen yhteydessä tulee tarkastaa palonrajoittimien toiminta ja kanavien tiiviys sekä äänenvaimentimien pintojen kunto – havaitut laiteviat yms. kirjataan/korjataan (sovi-taan tilaajan kanssa tehtävistä lisätöistä)
Puhdistustyön vastaanottotarkastus	<ul style="list-style-type: none"> – puhdistustyön vastaanottotarkastus tulee tehdä riittävän laajasti – puhtauden tarkastus tehdään ensisijaisesti silmä-määräisesti – tarvittaessa kanavien puhtaus voidaan kuvataa laajemmin puhtauden tarkastukseen tarkoitettulla videokuvauslaitteella – pölykertymämittauksiin ryhdytään silloin, jos tilaa-jalla ja työnsuorittajalla on eriävä käsitys puhdis-tustyön lopputuloksesta – tarvittaessa tehdään uudelleen puhdistus niiltä osin, missä puhdistustyö ei vastaa sovittua tasoa
Puhdistuspöytäkirja	<ul style="list-style-type: none"> – puhdistuspöytäkirjassa tulee esittää kohteen tiedot, työn suorittaja, työnsuorituksen ajankohta, tehdyt puhdistustoimenpiteet ja niiden laajuus sekä havai-tut puutteet ja tehdyt korjaukset
Palautetilaisuus puhdistustyön jälkeen	<ul style="list-style-type: none"> – puhdistustöiden jälkeen tulee tarvittaessa järjestää palautetilaisuus – palautetilaisuudessa esiin tulevat epäkohdat tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan jatkossa tehtä-viä puhdistustöitä

Taulukko 11. Ilmavirtojen tasapainotustyössä huomioitavia tekijöitä.

Asia tai tehtävä	Tasapainotustyössä huomioitavia asioita
Ilmavirtojen mittaus	<ul style="list-style-type: none"> – ilmavirtamittaukset tehdään ensisijaisesti kiinteästi kanavistoon asennettuja tyyppihyväksytyjä mitta-uslaitteita käyttäen – mittauslaitteena voidaan käyttää myös ominaisuuksiltaan tunnettua ja mittauslaitteena kalibroituja il-manvaihtokoneen tai kanaviston osaa – ilmavirtamittausten yhteydessä tarkastetaan, että rakennuksen tilojen väliset paine-erot ovat tarkoi-tuksenmukaiset
Ilmavirtojen tasapai-notus	<ul style="list-style-type: none"> – ilmavirtojen tasapainotus tehdään ilmanvaihtojär-jestelmien puhdistuksen jälkeen – ilmavirrat tulee tasapainottaa, jos järjestelmäkoh-taiset ilmavirrat poikkeavat yli 10 % tai tilakohtai-set ilmavirrat yli 20 % suunnitteluarvoista
Tasapainotustyön vas-taanottotarkastus	<ul style="list-style-type: none"> – tasapainotustyön vastaanottotarkastus tehdään il-mavirtamittauksin – tarkastusmittaukset tulee tehdä riittävän laajasti (SFS 5511) – selvitetään syyt ja tehdään tarvittavat korjaukset, jos ilmavirrat poikkeavat suunnitteluarvoista yli sal-litun poikkeaman
Mittauspöytäkirja	<ul style="list-style-type: none"> – mittauspöytäkirjassa tulee esittää varsinaisten mit-taustulosten lisäksi käytetyt mittausmenetelmät ja -laitteet ja selvitys niiden kalibroinnista, sääolosuh-teet mittauksen aikana, selvitys mittauksiin vaikut-tavista tekijöistä sekä havaitut laiteviat ja korjaus-tarpeet

LÄHTEET

Asikainen V, Holopainen R, Majanen A et al.: The verifying concept for the cleanliness of HVAC systems. Proceedings of the Healthy Buildings 2003. Singapore. pp. 321–326.

Asikainen V, Pasanen P: Asennetun ilmanvaihtojärjestelmän ja asentamattoman ilmanvaihtotuotteen pölykertymän määrittäminen suodatin-keräysmenetelmällä. Kuopion yliopisto, Ympäristötieteiden laitos. Kuopio 2002. Ohje on luettavissa [www-osoitteesta http://www.rts.fi/ilmanvaihtotuotteet/Liite2_Polykertyman_maarittaminen_suodatinkeraysmenetelmalla.pdf](http://www.rts.fi/ilmanvaihtotuotteet/Liite2_Polykertyman_maarittaminen_suodatinkeraysmenetelmalla.pdf) (29.4.2010).

Asikainen V: Ilmanvaihtokoneiden ja ilmanvaihtokanaviston puhtauden ja toiminnan tarkastus ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen kolmessa sairaalassa. Itä-Suomen yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. Kuopio 2010a. Raportti on luettavissa [www-osoitteesta http://www.uef.fi/sisaymparisto/tutkimushankkeet#sairaalaIV/](http://www.uef.fi/sisaymparisto/tutkimushankkeet#sairaalaIV/) (9.6.2010).

Asikainen V: Tuloilman hiukkaspitoisuuden vaihtelu tuloilmakoneen käynnistyksen yhteydessä. Itä-Suomen yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. Kuopio 2010b. Raportti on luettavissa [www-osoitteesta http://www.uef.fi/sisaymparisto/tutkimushankkeet#sairaalaIV/](http://www.uef.fi/sisaymparisto/tutkimushankkeet#sairaalaIV/) (9.6.2010).

Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki 2003. Ohje on luettavissa [www-osoitteesta http://pre20090115.stm.fi/pr1063357766490/passthru.pdf](http://pre20090115.stm.fi/pr1063357766490/passthru.pdf) (6.5.2010).

Genano 310-ilmanpuhdistin. Asennus- ja käyttöohje. Ohje on luettavissa [www-osoitteesta http://www.genano.fi/pdf/Genano310kaytto-ohje.pdf](http://www.genano.fi/pdf/Genano310kaytto-ohje.pdf) (30.12.2009).

Gustavsson J (ed.), Ginestet A, Tronville P et al.: Air Filtration in HVAC Systems. REHVA Guidebook No 11. Printed in Romania by Auropoint 2010.

Holmberg R, Laine J: Ilmansuodatusasteen parantaminen. MIV-CD – Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut. Espoo 2006. Ohje on luettavissa [www-osoitteesta http://hvac.tkk.fi/julkaisut.html](http://hvac.tkk.fi/julkaisut.html) (25.5.2010).

Hurricane hienonpölynimurit. Esite. Esite on luettavissa [www-osoitteesta http://www.suomenimurikeskus.fi/esitteet/fi/001040.pdf](http://www.suomenimurikeskus.fi/esitteet/fi/001040.pdf) (5.1.2010).

Kolari S, Jumpponen M, Hyvärinen M ym.: Ilmanvaihtolaitosten epäpuhtaudet ja niille altistuminen puhdistustyössä. Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitosten monistesarja 4/2004. Kuopio 2004.

Kovanen K, Heimonen I, Laamanen J ym.: Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. VTT Tiedotteita – Research Notes 2360. Espoo 2006. Raportti on luettavissa [www-osoitteesta http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2360.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2360.pdf) (10.5.2010).

Lappalainen S, Holopainen R, Korhonen P et al.: Microbial aspects and particle counts in Finnish hospital environments. Ventilation 2009, the 9th international conference on industrial ventilation. Switzerland, Zurich 2009. Paper No. 1135 published on CD-ROM.

Lappalainen S, Kähkönen E, Loikkanen P et al.: Evaluation of priorities for repairing in moisture-damaged school buildings in Finland. Building and Environment, 36 (2001), 981–986.

Lepo J: Tarkastus- ja puhdistuspöytäkirja. Suomen Ilmastointi ja Savunpoisto Oy. 21.7.2009a.

Lepo J: Ilmamäärien mittauspöytäkirja. Suomen Ilmastointi ja Savunpoisto Oy. 21.7.2009b.

Li Y, Huang X, Yu ITS et al.: Role of air distribution in SARS transmission during the largest nosocomial outbreak in Hong Kong. Indoor Air, 15 (2004), 83–95.

Li Y, Leung GM, Tang JW et al.: Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review. Indoor Air, 17 (2007), 2–18.

Lindroos O, Lappalainen S, Reijula K: Concentrations of viable spores of fungi and actinomycetes in ventilation channels. In book of Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health Effects, Assessment, Prevention and Control. Edited by Eckardt Johanning. Boyd Printing company, Inc. Albany, NY 1999.

LVI 39-10409. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastus. Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2007.

Mustasilta H: Rauno Holopaisen henkilökohtainen yhteydenotto sairaalainsinööri Harri Mustasiltaan sähköpostitse 28.12.2009. Vastaus sähköpostiin 30.12.2009.

Olamo H: Rauno Holopaisen henkilökohtainen yhteydenotto tekninen johtaja Hannu Olamoon puhelimitse 3.9.2010.

Pelastuslaki 468/2003. Pelastuslaki on luettavissa [www-osoitteesta http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030468](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030468) (20.10.2009).

Pesonen-Leinonen E: Pölynormit hyvän siivouslaadun tukena. Sisäilmastoseminaari 14.2.1994. Teknillinen korkeakoulu. LVI-tekniikan laboratorio. s. 182–187.

Rahikainen J: Rauno Holopaisen henkilökohtainen yhteydenotto yli-insinööri Jussi Rahikaiseen puhelimitse 20.10.2009.

RakMK D1. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- viemärlaitteistoista. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki 2007. Määräykset ja ohjeet on luettavissa [www-osoitteesta http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf) (8.5.2010).

RakMK D2. Rakennusten ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki 1978.

RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1987. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki 1987.

RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki 2003. Määräykset ja ohjeet on luettavissa [www-osoitteesta http://www.finlex.fi/pdf/normit/1921-D2s.pdf](http://www.finlex.fi/pdf/normit/1921-D2s.pdf) (2.11.2009).

RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki 2008. Määräykset ja ohjeet on luettavissa [www-osoitteesta http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2-2010_suomi_22-12-2008.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2-2010_suomi_22-12-2008.pdf) (10.5.2010).

Ratu 82-0239. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Rakennustieto Oy. Helsinki 2000.

Reijula K: Sairaaloiden kunto ja ilmanvaihto. Selvityshenkilön raportti. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistioita 2005:3. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki 2005.

Sairaaloiden LVI-laitteiden hygieniä. Sairaalaliitto. Helsinki 1990.

Salonen H, Lappalainen S, Lindroos O et al.: Fungi and bacteria in mould-damaged and non-damaged office environments in a subarctic climate. *Atmospheric Environment* 41 (2007), 6797–6807.

Schneider T, Kildesø J, Petersen OH et al.: Design and calibration of a simple instrument for measuring dust on surfaces in the indoor environment. *Indoor Air*, 6 (1996), 204–210.

Schneider T: Synthetic vitreous fibers. *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw-Hill, 39 (2000), 1–29.

SFS 5511. Ilmastointi. Rakennusten sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 20.3.1989.

SFS 5512. Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 20.3.1989.

SFS-EN 13779. Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 10.9.2007.

Sisäasiainministeriön asetus 802/2001 ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistamisesta. Annettu Helsingissä 13. päivänä syyskuuta 2001. Asetus on luettavissa [www-osoitteesta http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010802](http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010802) (20.10.2009).

Sisäilmaluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS 2008. Julkaistu myös LVI 05-10440, RT 07-10946, KH 27-00422 ja Ratu 437-T kortteina.

SMDno2009/3142. Asetuksen 802/2001 tulkinta ilmanvaihtokanavien tiiviyyden tarkastuksesta painekokeella. Helsinki 2009 (liite 1).

VALSAI. Valtakunnallinen sairaaloiden kiinteistökannan kehittämishanke 2005–2008. (<http://www.ttl.fi/Internet/partner/Valsai>, 27.4.2010).

VDI 2167. Building services in hospitals. Part 1. August 2007.

Wehrle PF, Posch J, Richter KH et al.: An airborne outbreak of smallpox in a German hospital and its significance with respect to other recent outbreaks in Europe. Bull World Health Organ, 43 (1970), 669–679.

Zuraimi MS: Is ventilation duct cleaning useful? A review of the scientific evidence. Review Article. Article first published online 18 July 2010. (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0668.2010.00672.x/abstract>, 13.9.2010).

LIITTEET

- Liite 1: Asetuksen 802/2001 tulkinta (SMDno/2009/3142).
- Liite 2: Aloituskokouksen asialista (sairaala D).
- Liite 3: SAIKAPU-hankkeessa tehty puhdistus- ja tasapainotustyöt.
- Liite 4: Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöiden kirjauslomake.
- Liite 5: Ilmavirtojen tasapainotustöiden kirjauslomake.
- Liite 6: Haastattelulomake puhdistuksesta vastaaville esimiehille.
- Liite 7: Haastattelulomake osastonhoitajille.
- Liite 8: Haastattelulomake siivoustyönjohdolle.
- Liite 9: Haastattelulomake siivoojille.
- Liite 10: Haastattelulomake ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajille.
- Liite 11: Sairaaloiden IV-puhdistuksessa huomioitavia tekijöitä.
- Liite 12: Yhteenveto ilmavirtamittauksista sairaalassa A.
- Liite 13: Yhteenveto ilmavirtamittauksista sairaalassa B.
- Liite 14: Yhteenveto ilmavirtamittauksista sairaalassa C.
- Liite 15: SAIKAPU-hankkeen julkaisut.

Liite 1: Asetuksen 802/2001 tulkinta (SMDno/2009/3142)



SISÄASIAINMINISTERIÖ
Pelastusosasto

15.10.2009

SMDno/2009/3142

Rauno Holopainen
Työterveyslaitos
Ariantie 3 A
00370 HELSINKI
Rauno.Holopainen@ttl.fi

Sähköpostinne 2.10.2009

ASETUksen 802/2001 TULKINTA ILMANVAIHTOKANAVIEN TIIVIYDEN TARKASTUKSESTA PAINEKOEELLA

Viitaten sähköpostinne, ilmoitamme seuraavaa:

Asetus 802/2001 ei ole enää voimassa, mutta toki sitä voi käyttää ohjeena tulkittaessa Pelastuslain mukaista laitteiden kunnossapitovaatimusta.

Erityistä tiiviyyttä vaativia kohteita ei ole määritelty pelastuslaissa tai sen pohjalta säädettyissä asetuksissa, mutta ajatuksena ilmeisesti oli, että kohteen oman riskien arvioinnin kautta pystyttäisiin arvioimaan, kuulutaanko tuohon joukkoon. Myös muusta lainsäädännöstä voi löytyä velvoitteita tähän asiaan.

Pelastuslain ja paloturvallisuuden näkökulmasta katson, että sairaalat ovat osa tuota joukkoa. Asiakkaiden toimintakyky ei vastaa normaalin kohteen henkilöitä, josta syystä paloturvallisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Tekninen johtaja


Hannu Olamo

Yli-insinööri


Jussi Rahikainen

Postiosoite
PL 26
00023 VALTIONEUVOSTO

Käyntiosoite
Kirkkokatu 12
HELSINKI

Puhelin
Vaihde (09) 16001
Sähköposti:
etunimi.sukunimi@intermin.fi

Faksi
(09) 160 44672
www.pelastustoimi.net

Liite 2: Aloituskokouksen asialista (sairaala D)

Aloituskokouksessa 13.7.2009 käsiteltävät asiat:

1. Ilmanvaihtokanavien ja jäähdytyspalkkien puhdistus
 - puhdistusjärjestys (missä järjestyksessä puhdistustyö etenee osastolla)
 - käytettävät puhdistusmenetelmät
 - sähköpistorasiat, joista voidaan ottaa sähköä puhdistuslaitteille
 - päätelaitteiden pesua, laitteiden lyhytaikaista varastointia yms. var-
ten käytössä olevat tilat
 - puhdistajien päivittäinen työaika
 - arvio puhdistustyöhön kuluva ajasta
2. Osaston eristystilan ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus ja puhdistaji-
en suojaautuminen tartuntavaarallisilta epäpuhtauksilta
3. Epäpuhtauksien leviämisen hallinta puhdistustyön aikana
 - alipaineistajan käyttö ja sijoitus rakennukseen sekä epäpuhtauksia
kuljettavan ilman suodattaminen ja ulosjohtaminen rakennuksesta
 - huonetilojen tarvikkeiden ja laitteiden suojaaminen likaantumiselta
puhdistustyön aikana
 - tarve siirtää potilaita huonetiloista pois puhdistustyön aikana
 - osaston ruokailuajat
4. Tehtävät tarkastukset ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön aikana
 - palonrajoittimien toiminnan tarkastus
 - kanavien tiiviyyden tarkastus
 - äänenvaimentimien pintojen kunnon tarkastus/tarvittaessa kunnos-
taminen
 - havaittujen laite- yms. vikojen kirjaaminen/kunnostaminen
5. Ilmavirtojen tasapainotustyön ajankohta
6. Huonetila, johon ilmanpuhdistin sijoitetaan viikkojen 29 ja 30 ajaksi

Liite 3: SAI KAPU-hankkeessa tehdyt puhdistus- ja tasapainotustyöt

Taulukko 1. Sairaaloiden ilmanvaihtokanavistojen puhtaus ja puhdistuksessa leviävien epäpuhtauksien hallinta (SAIKAPU) -hankkeessa tehdyt puhdistus- ja ilmapuhtaus tasapainotustyöt sairaaloiden vuodeosastoilla.

Sairaala	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus- ja ilmapuhtaus tasapainotustyön ajankohta	Puhdistus- ja tasapainotustyön tehnyt yritys	Huom.
Sairaala A	Puhdistus: 24.2–4.3.2009 Tasapainotus: 5.–6.3.2009	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus: Nuohous ja ilmastointipuhdistus Petri Valve Oy Ilmapuhtaus tasapainotus: M-Puhdasilmatekniikka Ky	Puhdistusjärjestys: ensin tuloilma- ja sitten poistoilmajärjestelmä Sairaalassa A tehtiin laajasti vaurioituneiden äänenvaimentimien korjauksia
Sairaala B	Puhdistus: 14.–20.4.2009	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus: Virranta-yhtiöt	Puhdistusjärjestys: ensin poistoilma- ja sitten tuloilmajärjestelmä Ilmapuhtaus tasapainotus tehdään päätelaitteiden ja äänenvaimentimien korjauksen/vaihtotyön jälkeen keväällä 2009
Sairaala C	Puhdistus: 2.–18.6.2009	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus: Are Oy	Puhdistusjärjestys: ensin poistoilma- ja sitten tuloilmajärjestelmä Ilmapuhtaus tasapainotus tehdään syksyllä 2009
Sairaala D	Puhdistus: 13.–16.7.2009 Tasapainotus: 20.7.2009	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus: Suomen Ilmastointi ja Savunpoisto Oy Ilmapuhtaus tasapainotus: Primair Oy	Puhdistusjärjestys: ensin tuloilma- ja sitten poistoilmajärjestelmä Sairaalassa D selvitettiin jäähdytyspalkkien puhtausta ja puhdistettavuutta sekä palkkien kondenssia

Liite 4: Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöiden kirjauslo- make

Taulukko 1. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöt.

Päivämäärä, kellonaika ja puhdistustyöhön osallistuneet henkilöt	Tehty puhdistus- tai korjaustyö	Sanallinen kuvaus tehdystä työstä toteutetussa työjärjestyksessä

Liite 5: Ilmavirtojen tasapainotustöiden kirjauslomake

Taulukko 1. Ilmavirtojen tasapainotustyöt.

Päivämäärä, kellonaika ja tasapainotustyyöhön osallis- tuneet henkilöt	Tehty mittaus- tai säätötyö	Sanallinen kuvaus tehdystä työstä toteutetussa työjärjes- tyksessä

Liite 6: Haastattelulomake puhdistuksesta vastaaville esimiehille

Sairaala/sairaanhoitopiiri: _____

Päivämäärä: _____

Haastattelija: _____

Haastateltava henkilö: _____

Haastateltavan tehtävä/työnimike: _____

Haastateltavan koulutus: _____

Kuinka pitkään haastateltava on toiminut nykyisessä tehtävässä? _____

Haastattelu tehty ☐ puhelimitse ☐ sähköpostilla ☐ tapaamisena

Perustiedot

1. Puhdistettava ilmanvaihtojärjestelmä: _____

2. Puhdistettavan ilmanvaihtojärjestelmän asennusvuosi: _____

3. Mitä tiloja puhdistettava ilmanvaihtojärjestelmä palvelee?

4. Onko ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus tehty säännöllisin määräaika-
välein?☐ on, määräaika-☐ ei☐ ei

5. Milloin ilmanvaihtojärjestelmät on viimeksi puhdistettu?

_____ vuotta sitten

☐ ei ole aikaisemmin puhdistettu☐ ei ole tiedossa6. Onko ilmanvaihtojärjestelmän puhtautta arvioitu edellisen puhdistuk-
sen jälkeen?☐ on, kuka ja miten: _____☐ ei

7. Mikä on pääsyynä nyt toteutettavaan puhdistukseen?

- ☐ lakisääteinen määräaikaishuuhdus (paloturvallisuuden ylläpitäminen)
- ☐ hygieniaan liittyvät syyt
- ☐ muu syy, mikä: _____

8. Onko aikaisempien puhdistustöiden yhteydessä havaittu puutteita epäpuhtauksien leviämisen torjunnassa?

- ☐ on, mitä: _____
- ☐ ei

9. Onko teidän sairaalassanne epäilty, että tuloilmakanavista irtoaa epäpuhtauksia puhdistuksen jälkeen?

- ☐ on, perustuuko epäily havaintoihin, mihin: _____
- ☐ ei

10. Onko puhdistettavat tilat tyhjinä puhdistustyön aikana?

- ☐ puhdistuksen aikana tiloissa toimitaan normaalisti
- ☐ potilashuone tyhjennetään
- ☐ koko osasto tyhjennetään
- ☐ muunlainen järjestely, mikä: _____

11. Miten henkilökuntaa ohjeistetaan kanaviston puhdistamisesta?

- ☐ koko sairaalan henkilökuntaa tiedotetaan
- ☐ puhdistettavan osaston henkilökuntaa tiedotetaan
- ☐ puhdistettavan osaston potilaita tiedotetaan
- ☐ puhdistettavan potilaiden omaisia tiedotetaan
- ☐ järjestetty muulla tavalla, millä: _____

kuka tiedottaa ja mitkä ovat keskeisimmät ohjeet puhdistustyön ajaksi?

12. Mikä on ollut keskeisin ongelma puhdistustyössä teidän sairaalassa?

Jäähdytyslaitteet

13. Minkälaisissa tiloissa teidän sairaalassa on jäähdytyspalkkeja ja puhallinkonvektoreita (merkitse j=jäähdytyspalkki tai p=puhallinkonvektori tai jp=jäähdytyspalkki ja puhallinkonvektori)?

- ☐ potilas- ja osastotiloissa
- ☐ leikkaus- synnytys- ja eritystilat
- ☐ apteekkitilat
- ☐ välinehuolto ja laboratoriotilat
- ☐ toimenpidetilat
- ☐ ravintohuolto ja hygieniatilat
- ☐ muut tilat, mitkä: _____

14. Onko teidän sairaalassa havaittu kondenssiongelmia jäähdytyspalkkeissa?

- ☐ on, miten laajasti ja mihin aikaan vuodesta: _____
- ☐ ei

15. Miten usein jäähdytyspalkit puhdistetaan?

- ☐ ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen yhteydessä
- ☐ perussiivousten yhteydessä
- ☐ muulloin, milloin: _____

16. Miten usein puhallinkonvektorit puhdistetaan ja huolletaan?

- ☐ kaksi kertaa vuodessa
- ☐ kerran vuodessa
- ☐ harvemmin
- ☐ ei tietoa

17. Onko jäähdytyslaitteissa havaittu hygieniaongelmia

- ☐ on, missä ja minkälaisia: _____
- ☐ ei

Urakkatarjouspyyntö

18. Mitkä tekijät vaikuttivat urakkatarjousten vertailussa, merkitse painoarvo prosentteina

- ☐ urakkahinta
- ☐ yrityksen henkilöstön ammattitaito
- ☐ yrityksen toimitusvarmuus
- ☐ yrityksen käytössä oleva laadunvarmistusjärjestelmä
- ☐ muu peruste: _____

19. Onko puhdistustyön suorittamisesta laadittu puhdistussuunnitelmaa (työselostusta)?

- ☐ on, mitä malliasiakirjaa on käytetty pohjana: _____
- ☐ ei

20. Onko sovittu suullisesti/kirjallisesti

- ☐ puhdistustyön lopputuloksen tasosta
- ☐ puhdistustyön vastaanottomenettelystä
- ☐ menettelytavasta, jos puhdistustyön laatu ei vastaa sovittua tasoa
- ☐ muusta: _____

Puhdistustyön toteutus

21. Kuka valvoo puhdistustyötä

sairaanhoitopiirissä: _____

puhdistusyrityksessä: _____

22. Onko sairaalalla ohjeita kanaviston puhdistamisesta?

- ☐ on, kenen laatimia: _____
- ☐ ei

23. Onko sairaalalla ohjeita epäpuhtauksien leviämisen torjumiseksi puhdistustyön aikana?

- ☐ on, kenen laatimia: _____
- ☐ ei

24. Onko puhdistusyrityksen kanssa sovittu

- ☐ pidettäväksi aloituspalaveria ennen puhdistustyön aloitusta
- ☐ puhdistustyöhön tarvittavista tiloista, jotka ovat puhdistusyrityksen käytössä puhdistustyön aikana
- ☐ tiedotuskäytännöistä

25. Onko puhdistustyössä huomioitu

- ☐ potilasturvallisuus, miten: _____
- ☐ työntekijöiden työturvallisuus, miten: _____
- ☐ puhdistajien työturvallisuus, miten: _____

26. Tarkastetaanko kanavien tiiviys puhdistuksen aikana

- ☐ silmämääräisesti
- ☐ painekokeilla
- ☐ kanavien tiiviyyttä ei tarkasteta

27. Tarkastetaanko palorajoittimien toiminta puhdistuksen aikana?

- ☐ kyllä, miten tarkastus on ohjattu tehtäväksi: _____
- ☐ ei

28. Onko sovittu puhdistustyön aikana esiin tulevista lisätöistä?

- ☐ uusien puhdistusluukkujen asentaminen
- ☐ alakattojen puhdistaminen
- ☐ havaitut laiteviat
- ☐ muusta, mistä: _____

Puhdistustyön vastaanotto

29. Kuka tarkastaa tilaajan (sairaalan) puolelta puhdistustyön onnistumisen? _____

30. Miten puhtauden tarkastus tehdään?

- ☐ silmämääräisesti, kuinka laajasti: _____
- ☐ video- tai valokuvaamalla, kuinka laajasti: _____
- ☐ pölykertymämittauksin, kuinka laajasti: _____

31. Keitä osapuolia osallistuu puhtauden tarkastukseen?

- ☐ sairaalan edustaja yksin
- ☐ yhdessä sairaalan edustajan ja puhdistusyrityksen kanssa

Puhdistustyön raportointi

32. Miten sairaala on velvoittanut puhdistusyrityksen raportoimaan puhdistustyön?

- ☐ käyttämään pohjana puhdistusyrityksen puhdistuspöytäkirjaa
- ☐ käyttämään pohjana sairaalan puhdistuspöytäkirjaa
- ☐ tallentamaan video- yms. tallenteet CD-levylle
- ☐ muuta, mitä: _____

33. Miten puhdistuspöytäkirjat ja -raportit dokumentoidaan sairaalassa

- ☐ kiinteistön huoltokirjaan
- ☐ muualle, mihin: _____

Ilmavirtojen tasapainotus

34. Tehdäänkö ilmavirtojen tasapainotus ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen yhteydessä?

- ☐ kyllä, kuka tekee: _____
- ☐ ei

35. Kuuluiko ilmavirtojen tasapainotus puhdistusurakkaan?

- ☐ kyllä
- ☐ ei

36. Mitataanko ilmavirrat ennen tasapainotustyön vastaanottoa?

- ☐ kyllä, kuka tekee ja miten laajasti mittaukset tehdään: _____
- ☐ ei

Ilmanvaihtojärjestelmiin liittyvät ongelmat ja järjestelmien kunto

37. Arvioi sairaalan puhdistettavan osaston ilmanvaihtojärjestelmän tämän hetkinen kunto (ks. taulukko 1, merkitse rasti).

- ☐ [%] Hyvä ja ajanmukainen
☐ [%] Korjauksen/kehittämisen tarvetta
☐ [%] Perusteellisen uusimiseen tarvetta

Taulukko 1. Ilmanvaihtojärjestelmän kunnan arviointiperusteita.

Arvio järjestelmän kunnosta ja ajanmukaisuudesta	Arviointiperusteita
Hyvä ja ajanmukainen	<ul style="list-style-type: none"> – ilmanvaihtojärjestelmän ikä on alle 20 vuotta – ilmanvaihtojärjestelmä on pääosin hyvässä kunnossa – ilmavirtojen mitoitus ja laitetekniset valinnat vastaavat tilojen käyttötarkoitusta
Korjauksen/kehittämisen tarvetta	<ul style="list-style-type: none"> – ilmanvaihtojärjestelmän ikä on alle 30 vuotta – ilmanvaihtojärjestelmä on niin hyvässä kunnossa, että sen osittainen korjaaminen tai uusiminen on taloudellisesti ja toiminnallisesti kannattavaa – ilmavirtojen mitoitus ja laitetekniset valinnat ovat pääosin tilojen käyttötarkoitukseen riittävät
Perusteellisen uusimiseen tarvetta	<ul style="list-style-type: none"> – ilmanvaihtojärjestelmä on teknisesti ikääntynyt (yli 30 vuotta) tai järjestelmä on niin huonossa kunnossa, ettei sen osittainen korjaaminen ole järkevää – ilmanvaihtojärjestelmän ikä on yli 20 vuotta, eikä se vastaa tilojen käyttötarkoitusta – ilmanvaihtojärjestelmän ikä on yli 20 vuotta ja järjestelmän uusiminen on järkevää rakennuksen muiden korjausten vuoksi

38. Arvioi sairaalan kaikkien ilmanvaihtojärjestelmien tämän hetkinen kunto taulukon 1 arviointiperusteilla (yhteensä 100 %).

- ☐ [%] Hyvä ja ajanmukainen
☐ [%] Korjauksen/kehittämisen tarvetta
☐ [%] Perusteellisen uusimiseen tarvetta

39. Kirjaa alla olevaan taulukkoon sairaalan ilmanvaihtojärjestelmiin liittyviä ongelmia.

Taulukko 2. Ilmanvaihtojärjestelmiin liittyvät ongelmat.

Tekijä	Kuvaus havaitusta ongelmasta
Ilmanvaihdon riittävyys	
Lämpöolosuhteiden hallinta	
Rakennuksen painesuhteiden hallinta	
Epäpuhtauksien poisto	
Laitteiden puhtaus ja hygienia	
Laitteiden huollettavuus	
Muu tekijä	

Muita yleisiä kommentteja: _____

Liite 7: Haastattelulomake osastonhoitajille

Sairaala/sairaanhoitopiiri: _____

Päivämäärä: _____

Haastattelija: _____

Haastateltava henkilö: _____

Haastateltavan tehtävä/työnimike: _____

Haastateltavan koulutus: _____

Kuinka pitkään haastateltava on toiminut nykyisessä tehtävässä? _____

Haastattelu tehty ☐ puhelimitse ☐ sähköpostilla ☐ tapaamisena

1. Miten yhteistyö sujui mielestänne sairaalan teknisen huoltohenkilöstön kanssa?

2. Miten yhteistyö sujui mielestänne ilmanvaihtojärjestelmän puhdistusta tekevän yrityksen kanssa?

3. Havaitsitteko epäpuhtauksien leviämistä ympäristöön puhdistustyön aikana?

☐ kyllä, missä ja miten laajasti sekä mahdolliset syyt: _____

☐ ei4. Koittekko ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen aiheuttavan teidän työskentelypisteessä häiriötä?☐ kyllä, mitä☐ melua☐ pölyisyyttä☐ ilmassa näkyvää pölyä☐ pinnoille kertynyttä pölyä☐ lattioille kertynyttä pölyä tai muuta likaa☐ muusta, mistä: _____☐ ei

5. Koitteko ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen aiheuttavan teidän osastolla häiriötä?

☐ kyllä, mitä

☐ melua

☐ pölyisyyttä

☐ ilmassa näkyvää pölyä

☐ pinnoille kertynyttä pölyä

☐ lattioille kertynyttä pölyä tai muuta likaa

☐ muuta, mitä: _____

(anna tarkempi kuvaus sijainnista) _____

☐ ei

6. Tehtiinkö puhdistustyön jälkeen riittävän kattava tehostettu siivous?

☐ kyllä

☐ ei, miltä osin olisi ollut parannettavaa: _____

7. Tiedotettiin miehestänne puhdistuksesta riittävästi sairaalassa?

☐ kyllä

☐ ei, millä tavalla tiedotusta olisi voitu kehittää: _____

Muita yleisiä kommentteja: _____

Liite 8: Haastattelulomake siivoustyönjohdolle

Sairaala/sairaanhoitopiiri: _____

Siivous suoritetaan

- ☐
- omana työnä
-
- ☐
- ostopalveluna

Siivousyritys: _____

Siivoojien lukumäärä _____

Normaali siivousohjelma:

Siivoustiheys _____

Siivouksen ajankohta _____

Puhdistettu osasto: _____

Puhdistustyön ajankohta: _____

Tehostetun siivouksen ajankohta: _____

Päivämäärä: _____

Haastattelija: _____

Haastateltava henkilö: _____

Haastateltavan tehtävä/työnimike: _____

Haastateltavan koulutus: _____

Kuinka pitkään haastateltava on toiminut nykyisessä tehtävässä? _____

Kysely tehty: ☐ puhelimitse ☐ sähköpostilla ☐ tapaamisena

Huone- ja kalustepintojen sekä laitteiden suojaaminen, likaantumisen ja puhdistus ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyön aikana ja työn jälkeen

1. Onko teidän sairaalassanne siivousohjeita ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen tai vastaavan huoltotoiminnan aikana/jälkeen

- ☐
- kyllä, kenen laatimia? _____
-
- ☐
- ei

2. Suojataanko huonepintoja, kalusteita tai laitteita puhdistus/huoltotyön aikana sairaalassa?

- ☐
- kyllä, miten: _____
-
- ☐
- ei

3. Tehtiinkö ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen aikana tehostettua siivousta?

- ☐ kyllä, kuinka usein? _____
☐ ei

4. Tehtiinkö ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen jälkeen tehostettu siivous?

- ☐ kyllä
☐ heti puhdistustyön päätyttyä
☐ myöhemmin, milloin: _____
☐ ei

5. Tiedotettiin siivoustyönjohtoa riittävästi puhdistustyöstä ja aikataulusta?

- ☐ kyllä
☐ ei, miltä osin tiedottaminen oli riittämätöntä: _____

6. Miten yhteistyö sujui ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajien kanssa?

7. Miten ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyötä tulisi kehittää, jotta huone- ja kalustepinnat sekä laitteet eivät likaantuisi ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyön aikana?

8. Miten pintojen likaantumiselta suojausta tulisi kehittää, jotta huone- ja kalustepinnat sekä laitteet eivät likaantuisi ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyön aikana?

9. Miten siivousohjeistusta tulisi kehittää, jotta huone- ja kalustepinnat sekä laitteet eivät likaantuisi ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyön aikana?

Muita yleisiä kommentteja: _____

Liite 9: Haastattelulomake siivoojille

Sairaala/sairaanhoitopiiri: _____

Siivousyritys: _____

Puhdistettu osasto: _____

Puhdistustyön ajankohta: _____

Tehostetun siivouksen ajankohta: _____

Päivämäärä: _____

Haastattelija: _____

Haastateltava henkilö: _____

Haastateltavan tehtävä/työnimike: _____

Haastateltavan koulutus: _____

Kuinka pitkään haastateltava on toiminut nykyisessä tehtävässä? _____

Kysely tehty ☐ puhelimitse ☐ sähköpostilla ☐ tapaamisena

Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen aiheuttama lisätyö siivoukseen

1. Oletteko havainneet huone- tai kalustepintojen likaantuneen tavanomaista enemmän ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyön aikana?☐ kyllä, mitkä pinnat: _____☐ ei2. Havaitsetteko epäpuhtauksien levinneen laajemmalle alueelle ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyön aikana?☐ kyllä, minne: _____☐ ei

3. Koitteko, että ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus aiheutti siivoukseen lisätyötä?

☐ kyllä, kuinka paljon: _____☐ ei

4. Tiedotettiin siivoojille riittävästi puhdistustyöstä ja aikataulusta?

☐ kyllä☐ ei, miltä osin tiedottaminen oli riittämätöntä: _____

5. Miten yhteistyö sujui ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajien kanssa?

Muita yleisiä kommentteja: _____

Liite 10: Haastattelulomake ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajille

Sairaala/sairaanhoitopiiri: _____

Puhdistetut ilmanvaihtojärjestelmät (ilmanvaihtokoneet) tai ilmanvaihtojärjestelmän palvelema alue: _____

Puhdistustyön ajankohta: _____

Ilmanvaihtojärjestelmät puhdistanut yritys: _____

Päivämäärä: _____

Haastattelija: _____

Haastateltava henkilö: _____

Haastateltavan tehtävä/työnimike: _____

Haastateltavan koulutus: _____

Kuinka pitkään haastateltava on toiminut nykyisessä tehtävässä: _____

Kysely tehty ☐ puhelimitse ☐ sähköpostilla ☐ tapaamisena

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus

1. Missä järjestyksessä ilmanvaihtojärjestelmät puhdistettiin (numeroi puhdistusjärjestys)?

- ☐ tuloilmajärjestelmä
 - ☐ ilmanvaihtokone
 - ☐ kanavisto
 - ☐ päätelaitteet

- ☐ poistoilmajärjestelmä
 - ☐ ilmanvaihtokone
 - ☐ kanavisto
 - ☐ päätelaitteet

2. Poikkesiko puhdistusjärjestys tavanomaisesta järjestyksestä?

☐ kyllä, miksi: _____

☐ ei

3. Millä menetelmillä järjestelmät puhdistettiin?

- ☐ ilmanvaihtokone
 - ulkoilmasäleikkö: _____
 - kammioiden pinnat: _____
 - lämmönsiirtimien pinnat: _____
 - kostutuslaitteet: _____
 - puhaltimet: _____
 - äänenvaimentimet: _____
- ☐ kanavisto: _____
- ☐ päätelaitteet: _____
- ☐ jäähdytyspalkit: _____
- ☐ puhallinkonvektorit: _____

4. Mitkä tekijät haittasivat tai olivat esteenä ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksessa (numeroi tärkeysjärjestyksessä)?

- ☐ ilmanvaihtokone
 - ulkoiset esteet:
 - ☐ sijainti
 - ☐ käytettävissä oleva huoltotila
 - ☐ puhdistusluukkujen sijainti/puuttuminen
 - ☐ muu, mikä: _____

sisäiset esteet:

- ☐ äänenvaimennusmateriaali
- ☐ viemäroinnin puuttuminen kammiosta
- ☐ muu, mikä: _____

- ☐ kanavisto
 - ulkoiset esteet:
 - ☐ sijainti
 - ☐ käytettävissä oleva huoltotila
 - ☐ alas laskettu katto
 - ☐ puhdistusluukkujen sijainti/puuttuminen
 - ☐ muu, mikä: _____

sisäiset esteet:

- ☐ palopellit
- ☐ virtaussäätimet
- ☐ kanavan materiaali (esim. rakenneainekanaava)
- ☐ muu, mikä: _____

☐ päätelaitteet

☐ sijainti

☐ rakenne

☐ muu, mikä: _____

☐ jäähdytyspalkit ja puhallinkonvektorit

☐ sijainti

☐ rakenne

☐ muu, mikä: _____

5. Miten kehittäisitte ilmanvaihtojärjestelmiä, jotta järjestelmät olisivat helpommin puhdistettavissa (puhdistusluukkujen sijoitus, kanavien tiiviys, kanavien muoto tms.)?

Iltanvaihtojärjestelmän puhdistuksen aikaiset tarkastukset

6. Tarkastettiin kanavien tiiviys puhdistuksen aikana?

☐ kyllä

☐ silmämääräisesti, havaittiin puutteita kanavien tiiviydessä: _____

☐ painekokeella, havaittiin puutteita kanavien tiiviydessä: _____

☐ ei

7. Tarkastettiin palonrajoittimien toiminta puhdistuksen aikana

☐ kyllä, havaittiin puutteita, mitä: _____

☐ ei

8. Tarkastettiin puhaltimien toiminta puhdistuksen aikana

☐ kyllä, havaittiin puutteita, mitä: _____

☐ ei

9. Tarkastettiin äänenvaimentimien pintojen kunto puhdistuksen aikana?

☐ kyllä, havaittiin puutteita, mitä: _____

☐ ei

10. Tarkastettiin ulkoilmalaitteiden toiminta sekä lumen ja veden sisäänkäsyn suojaus puhdistuksen aikana?

☐ kyllä, havaittiin puutteita, mitä: _____

☐ ei

11. Tarkastettiinko ilmanvaihtokoneen viemäröintien toiminta puhdistuksen aikana?

- ☐ kyllä, havaittiinko puutteita, mitä: _____
☐ ei

12. Tarkastettiinko jäähdytyslaitteiden toiminta puhdistuksen aikana?

- ☐ kyllä, havaittiinko puutteita, mitä: _____
☐ ei

13. Tarkastettiinko kostutuslaitteiden toiminta puhdistuksen aikana?

- ☐ kyllä, havaittiinko puutteita, mitä: _____
☐ ei

14. Raportointiinko puhdistustyössä havaitut laiteviat ja muut puutteet?

- ☐ kyllä, kenelle: _____
☐ ei

Epäpuhtauksien leviäminen ja niiltä suojautuminen puhdistustyön aikana

15. Miten varmistuttiin siitä, etteivät epäpuhtaudet leviä puhdistuksen aikana ympäristöön?

- ☐ puhdistusjärjestyksellä
☐ alipaineistuksella
☐ jäteilman suodatuksella
☐ suodatusluokka ja miten suodattimien tiiviys varmistettiin: _____

☐ jäteilman johtamisella ulos rakennuksesta, miten kauas ikkunoista ja muista rakennuksen aukoista jäteilma johdettiin ulos rakennuksesta: _____

- ☐ osastoimalla

muuten: _____

16. Miten puhdistajat suojautuivat puhdistustyön aikana pölyltä ja tartuntavaarallisilta epäpuhtauksilta?

Puhdistukseen käytettävien laitteiden huolto

17. Miten usein ilmanvaihtojärjestelmän puhdistukseen käytettävät laitteet huolletaan ja puhdistetaan?

- ☐ aina ennen siirtymistä uuteen kohteeseen
 - ☐ harjauskone
 - ☐ harjan pyörittämiseen käytettävät akselit
 - ☐ puhdistukseen käytettävät harjat
 - ☐ alipaineyksikkö
 - ☐ suodatinyksikkö
 - ☐ imuputket
 - ☐ pölynimuri
 - ☐ käsiharjat
 - ☐ kaapimet
 - ☐ paineilmakompressori
 - ☐ paineilmaletkut ja suuttimet
 - ☐ muut laitteet

☐ harvemmin, milloin: _____

18. Miten usein suodatinyksikön suodattimet vaihdetaan?

- ☐ aina ennen siirtymistä uuteen kohteeseen
- ☐ harvemmin, milloin: _____

19. Miten laitteiden tiiviys tarkastetaan?

Muita yleisiä kommentteja: _____

Liite 11: Sairaaloiden IV-puhdistuksessa huomioitavia tekijöitä

Taulukko 1. Mikä on ilmanvaihtojärjestelmien oikea puhdistusjärjestys: ensin tuloilmajärjestelmä ja sitten poistoilmajärjestelmä vai toisin päin? Onko puhdistusjärjestyksellä merkitystä puhdistustyön lopputulokseen ja epäpuhtauksien lieviämiseen? Mitkä muut syyt vaikuttavat puhdistusjärjestykseen kuin opittu työtapa? Pitäisikö puhdistustyön tavoitteena olla, että huonetila tehdään kerralla kuntoon?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Aaro Seppälä (ASTQ)	Poistoilmajärjestelmä on kontaminoitunut sairaalan ilman epäpuhtauksista. Tuloilmajärjestelmä on kontaminoitunut suodattimien läpi tulleesta ja lämmönvaihtimien, jäähdytys- jne. laitteistojen kautta tulleista epäpuhtauksista. Tästä voi päätellä, että poistoilmajärjestelmä on aseptisesti järkevää puhdistaa ensin. Huonetila tehdään, jos mahdollista, kerralla kuntoon, jolloin työn aiheuttama keskeytys, kontaminaatio, jälkisiivous jne. hallitaan kerralla.
Antero Heinonen (Ukon-Ilma Oy)	Puhdistusjärjestys riippuu rakennuksen koosta ja tilankäyttäjän toiveista. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus aloitetaan yleensä likaisesta poistosta. Likaisen poistoilmajärjestelmän puhdistuksen aikana tutustutaan kohteen ilmanvaihtojärjestelmiin ja haastatellaan osastonhoitajaa. Mikäli mahdollista puhdistetaan seuraavana tuloilmakone, pystynousu ja kerrosten vaakakanavat. Tämän jälkeen puhdistetaan poistoilmajärjestelmä päinvastaisessa järjestyksessä. Pystynousut alipaineistetaan kanavan alapäästä ja puhdistetaan ylhäältä alaspäin (saadaan poistettua myös suuremmat epäpuhtaudet kanavasta).
Eija Pesonen-Leinonen	Ensin tuloilmajärjestelmä ja sitten poistoilmajärjestelmä on loogisin (periaatteella: vähän likaisesta hyvin likaiseen edeten). Pääsääntö: Seuraavan työvaiheen ei pidä tuhota edellisten työvaiheiden saavuttamaa puhtaustulosta. Miten ilma kiertää? Onko riski, että likaista ilmaa pääsee tuloilmajärjestelmään kanaviston puhdistuksen aikana? Jos asia on niin, sitten ensin poistojärjestelmä. Kun kaikki järjestelmän osat puhdistetaan yksin tein, voidaan huone ottaa käyttöön sitä mukaa kuin työ etenee (työn tehokkuus, taloudellisuus näkökulmat).
Hannu Koskela (TTL)	En keksi syytä, miksi puhdistusjärjestyksellä olisi merkittävää vaikutusta lopputulokseen.
Ilpo Kulmala (VTT)	Jos puhdistus tehdään asianmukaisia laitteita käyttäen eli kanavasta imetään puhdistuksessa irronneet epäpuhtaudet tehokkaalla puhaltimella ja hyvällä suodattimella varustetulla laitteistolla, niin järjestyksellä ei liene väliä. Päätelaitteiden puhdistus tulisi tehdä samalla kertaa, muuten voi käydä niin että kanavisto on puhdas mutta päätelaitte ei.
Jari Aaltonen (Are Oy)	Suurin syy siihen, että Are Oy aloittaa poistoilmakanavistosta on se, että ei tarvitse alipaineistajia asennella. Samalla pääsee tutustumaan helpommin kohteen haasteisiin. Pääsääntöisesti kannattaa pyrkiä siihen, että huonetila tehdään valmiiksi. Eli puhdistetaan tulo- ja poistoilmahaarat sekä pääte-elimet. Lopullinen toteutus riippuu vähän siitä, miten alipaineistajan tulokanavistoon saa sijoitettua eli voiko se olla esim. konehuoneessa koko ajan. Vai joutuu-ko tuomaan kerroksiin ja siirrellä siellä tarpeen mukaan, jos ei saada tarpeeksi imua kanavistoon sulkemalla esim palopeltejä. Myös mahdolliset kanavistovarusteiden (IMS, jälkilämmityspatterit, yms.) kiertämiset vaikuttavat hieman lopulliseen toteutusmalliin. Lisäksi saattaa käydä niin, että tuloilmakanavisto osoittautuu niin puhtaaksi, ettei puhdistusta tarvitse/kannata tehdä (pääte-elimien puhdistus/imurointi täytyynee pääsääntöisesti tehdä).
Jarmo Laamanen (VTT)	Turvallisinta ehkä tehdä poisto ensin, jos tulojärjestelmän puhdistuksen aikana sattuisi tulemaan takaisinvirtauksia poistoista. Kerralla kuntoon olisi käyttäjien kannalta parempi, joskin lisännee puhdistuskustannuksia.

Taulukko 1. Mikä on ilmanvaihtojärjestelmien oikea puhdistusjärjestys: ensin tuloilmajärjestelmä ja sitten poistoilmajärjestelmä vai toisin päin? Onko puhdistusjärjestyksellä merkitystä puhdistustyön lopputulokseen ja epäpuhtauksien leviämiseen? Mitkä muut syyt vaikuttavat puhdistusjärjestykseen kuin opittu työtapa? Pitäisikö puhdistustyön tavoitteena olla, että huonetila tehdään kerralla kuntoon? (Jatkuu edelliseltä sivulta.)

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Jouko Airasvaara	<p>Ennen osaston puhdistuksen aloitusta ko. osaston henkilökuntaa informoitiin tulossa olevasta puhdistuksesta. Yrityksemme ilmanvaihtojärjestelmien puhdistukset suoritettiin sairaaloiden osalta yleensä seuraavasti: Puhdistus aloitettiin tuloilmakoneelle tulevan tuloilmasäleikön/-kammion puhdistuksella, sen jälkeen puhdistettiin tuloilmakone kaikilta osiltaan (lämmitys-/jäädutyspatterit, LTO, puhaltimen siipipyörä, puhallin- suodatin- ja tuloilmakammio, josta kanavat jakaantuivat eri osastoille) sekä asennettiin uudet suodatimet, tarkastettiin ja tarvittaessa uusittiin suodatinkehikon tiivisteet. Puhdistukset suoritettiin alipaineistus-imurointi-harjaus-paineilma menetelmillä ja yleensä LTO:n, lämmitys- ja jäädutyspatterit pestiin. Samalla tarkastettiin puhaltimen/sähkömoottorin laakerit ja kiilahihnat (vaihrettiin tarvittaessa) sekä sähkömoottorit puhdistettiin. Pystykanavat puhdistettiin seuraavaksi (saman tuloilmakoneen toiminta-alue) alipaineistus/ koneellinen harjaus. Puhdistus jatkui osasto kerrallaan tuloilmakanaviston alipaineistuksella, joko tuloilmakammioista tai osaston erottavasta palopellin puhdistusluukulta. Ennen puhdistuksen aloitusta osaston poistoilma-avirrat puolitettiin ja varmistettiin korvausilman tulo, yleensä osaston käytävän perällä olevan ikkunan tai oviaukon kautta niin, että osasto pysyy alipaineisena. Puhdistus aloitettiin yleensä alipaineistetun osan kauimmalta päätelaitteelta tai puhdistusluukulta. Päätelaitteet pestiin aina siivoojalle varatuissa tiloissa, tuloilmakanavat puhdistettiin koneellisella harjauksella ja kanavistolaitteet harjauksella/paineilmapuhdistuksella. Samalla tarkastettiin päätelaitteissa ja kanavissa olevien äänenvaimentimien eristeiden kunto. Osaston poistoilmakanavien puhdistus suoritettiin tuloilmakanavien jälkeen. Osaston poistoilmakanavat joko alipaineistettiin omalla puhaltimella tai (tapauskohtaisesti) myös osaston omalla poistoilmakoneella. Aina varmistettiin, että puhdistettavalle kanavisto-osalle saadaan riittävä alipaine (palo- ja säätöpeltien avulla). Poistoilmakanavien, pääte- ja kanavistolaitteiden puhdistus ja tarkastus suoritettiin samalla menetelmällä kuin tuloilmajärjestelmä. Osaston kanavien puhdistuksen jälkeen puhdistettiin pystykanava(t), sekä poistoilmakoje samalla menetelmällä kun tuloilmakoje. Puhdistuksen jälkeen palo-/virtaussäätimet ja päätelaitteet palautettiin alkuperäisiin arvoihin (mittauspöytäkirjojen mukaan). Tarvittaessa suoritettiin myös tulo- ja poistoilmavirtojen säätö. Puhdistuksen jälkeen tarkastettiin, että osaston kaikki tilat jäivät siistiin kuntoon ja kaikki siirretyt kalusteet paikalleen. Puhdistuksesta annettiin aina kirjallinen raportti, josta ilmenivät suoritettut puhdistukset ja havaitut puutteet korjausehdotuksineen.</p> <p>Edellä kertamani ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusjärjestys perustuu pitkään kokemukseeni (olemme kokeilleet muitakin erilaisia puhdistusjärjestyksiä). Käyttämämme puhdistusjärjestys perustuu seuraavaan: Työvälineet aina puhdistettu ennen osastolle menoa, joten tuloilmajärjestelmän puhdistus tapahtuu puhtailla työvälineillä ja poistoilmajärjestelmän puhdistus suoritetaan samoilla välineillä. Näin menetellen epäpuhtaudet ei siirry työvälineiden mukana tuloilmajärjestelmään, joista ne voivat levitä osastolle. Työvälineiden puhdistus kuuluu aina työn kuvaan siirryttäessä osastolta toiselle. Puhdistustyön vastaanottotarkastus: Puhdistetun osaston kanavat tarkastettiin kanavakameralla ja ilmavirrat pistokokein. Puhdistuksen jälkeen osastolla pidettiin myös palautekeskustelu. Mitä häiriöitä puhdistus on aiheuttanut osaston toimintaan, ja miten puhdistajien tulisi jatkossa toimia. Paras palaute minkä saimme oli, ettei henkilökunta edes tiennyt meidän työskennelleiden heidän osastollaan. Leikkaussalien ilmanvaihto puhdistettiin aina yhden salin osalta samalla kertaa, niin tulo- kuin poistoilmajärjestelmän. Kaikki työvälineet joita käytettiin salin sisällä puhdistettiin aina ennen salin menoa. Leikkaussalien puhdistajilla oli myös aina käytössä, kertakäyttöhaalarit, jalkinesuojat ja hengityssuojaimet.</p>

Taulukko 1. Mikä on ilmanvaihtojärjestelmien oikea puhdistusjärjestys: ensin tuloilmajärjestelmä ja sitten poistoilmajärjestelmä vai toisin päin? Onko puhdistusjärjestyksellä merkitystä puhdistustyön lopputulokseen ja epäpuhtauksien leviämiseen? Mitkä muut syyt vaikuttavat puhdistusjärjestykseen kuin opittu työtapa? Pitäisikö puhdistustyön tavoitteena olla, että huonetila tehdään kerralla kuntoon? (Jatkuu edelliseltä sivulta.)

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Jouko Ryyänen (PKSSK)	Puhdistus alkaa ulkoilmakammioista jatkuen huonetilaan päin. Ensin puhdistetaan tuloilmakanavisto, josta ensin puhdistetaan päätelaitteet ja tarvittavilta osilta päätelaitteiden aukot väliaikaisesti tulpataan, jotta alipaineistuksen ajaksi tuloilmakanavistoon saadaan riittävä virtausnopeus kanaviston harjapuhdistuksen ajaksi. Sen jälkeen puhdistetaan poistoilmakanavisto.
Juhani Laine (VTT)	Vaikea kysymys. Miten hallitaan epäpuhtauksien leviäminen esim. eri kerroksissa vallitsevan erilaisen hormivaikutuksen takia? Ilmanvaihtojärjestelmien likaantuminen tulisi estää/minimoida hyvällä ilmansuodatuksella. Yleisesti sairaaloiden hygieenisesti aroissa tiloissa ilmanvaihtojärjestelmät tulisi rakentaa siten, että niiden puhdistustarve minimoituu kunnollisella ilmansuodatuksella sekä tulo- että poistopuolella. Jopa vanhan Itä-Saksan asuinkerrostaloissa on ollut poistoilmaventtiileissä ilmansuodatus. Valitettavasti käytännössä ilmastointikoneet ja ilmakeinavat saavat vuotaa ja vuotavat niin paljon, että ilmanvaihtojärjestelmät aina likaantuvat.
Jukka Vasara (Insinööritoimisto Granlund Oy)	Vastaus riippuu paljon tilanteesta – miten isoa aluetta ilmanvaihtokone palvelee ja pitääkö toiminnan pyöriä tiloissa koko ajan. Yleensä parasta olisi että häiriöt tiloissa olisivat mahdollisimman vähäiset, eli jos mahdollista tulo ja poisto puhdistetaan samalla kertaa.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupunki)	Mielestäni puhdistusjärjestyksellä ei sinänsä ole väliä, mutta onko siitä nyt haittaakaan, jos työjärjestyksenä pitää ilman kulkusuuntaa. Huonetila kerralla kuntoon on järkevää, varsinkin mikäli potilaita joudutaan siirtelemään alta pois esim. päivähuoneeseen.
Marianna Tuomai- nen (HKR- Rakennuttaja)	Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistusjärjestys: oleellista on, ettei juuri puhdistettu tuloilmajärjestelmä likaannu välittömästi ja ettei puhdistustyössä synny epäpuhtauksia, jotka leviäisivät osastolle. Ehdoittaisin siksi, että poistoilmajärjestelmä puhdistetaan ensimmäiseksi. Tuloilmajärjestelmän puhdistusjärjestys on varmastikin: tuloilmakone, pystykanavat, runkokanavat ja liitäntäkanavat kussakin kerroksessa.
Martti Airasvaara (Savon Ammatti- ja Aikuisopisto)	Yleensä puhdistimme kiinteistön poistoilmavaihtojärjestelmän ja sitten tulon. Lopuksi kävimme läpi "konepaketin" johon saattoi kuulua LTO-, jäädytys-, ja lämmityspatterit, niiden kennot ja kammiot puhdistettiin imuroimalla, paine-ilmalla/alipaineella, pesemällä matalapainepesulla. Samalla tarkastettiin puhallinkammioiden äänenvaimennus/lämmöneristemateriaalit. Tarvittaessa ne uusittiin joko Dacron tai mm. PUR100T/Partek materiaaleilla. Osaksi käytimme Kefan pinnoitustuotteita. Emme havainneet muutoksia materiaaleissa vuosienkaan (n. 5 vuotta) käytön jälkeen. Tietenkin jos pinnoitetta oli vaurioitettu hankaamalla tai särkemällä sitä, se korjattiin. Erilaisia puhdistusjärjestyksen vaihtoehtoja tietenkin määrää laitoksen käyttötarkoitus ja se, onko kiinteistö käytössä, toisin sanoen ovatko esim. leikkaussalit toiminnassa. Jos näin on, voidaan koko ilmanvaihtojärjestelmä, jota se palvelee, alipaineistaa ja puhdistaa samanaikaisesti. Tällöin pitää tietenkin varmistaa alipaineen ja ilmannopeuden riittävyys puhdistettavissa kanavistoissa. Kun puhdistustyö tehdään ensiksi mainitussa järjestyksessä, niin poistoilmavaihtojärjestelmät pidetään päällä, kylläkin vain osa-teholla, myös likaisten tilojen koneet. Sairaaloissa on myös erityistilapoistoja, kuten laboratoriot (vetokaapit), eristystilat, välinehuolto (mm. autoklaavien kohdepoistot), keittiöt, ruumishuoneet, röntgen, apteekki jne. Nämä kohteet tehdään aina erikseen, ja niiden puhdistustyössä otetaan huomioon aina niiden vaatimat erityispiirteet. Eri kohteissa ei mm. voida käyttää samoja puhdistusvälineitä, -asuja ja suojaimia.

Taulukko 1. Mikä on ilmanvaihtojärjestelmien oikea puhdistusjärjestys: ensin tuloilmajärjestelmä ja sitten poistoilmajärjestelmä vai toisin päin? Onko puhdistusjärjestyksellä merkitystä puhdistustyön lopputulokseen ja epäpuhtauksien leviämiseen? Mitkä muut syyt vaikuttavat puhdistusjärjestykseen kuin opittu työtapa? Pitäisikö puhdistustyön tavoitteena olla, että huonetila tehdään kerralla kuntoon? (Jatkuu edelliseltä sivulta.)

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Sami Aalto (Ilmastointi ja nuohous Petri Valve Oy)	Yritän aina puhdistaa molemmat sekä tulo- ja poistoilmakanavat samalla kertaa, jotta käyttäjän tiloissa tulisi mahdollisimman vähän häiriöitä. Puhdistusjärjestyksellä on iso merkitys puhdistuksen onnistumiselle. Puhdistusjärjestys riippuu siitä, kuinka isoa aluetta tulokone palvelee, ja minkä mallinen kone on, onko mahdollisesti palautusilmaa tai lämmönvaihtimessa mahdollisuus ohivirtaukselle. Jos tuloilmakone jää päälle palvelemaan muita alueita, yksi alue on puhdistuksen alaisena ja ohivirtauksen vaaraa ei ole, voidaan puhdistaa kone ja kammiot etukäteen alipaineistuspisteeseen saakka. Jos koko kone sammutetaan puhdistuksen ajaksi, voidaan hoitaa kanavien puhdistus ensin ja sitten kone ennen uudelleen käynnistystä.
Sanna Lappalainen (TTL)	Ensin tulo- sitten poistoilmajärjestelmä.
Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt)	Tavoite on, että puhdistuksella saavutetaan haluttu tulos. Työjärjestelystä ja tavasta, miten ja millä se saavutetaan, ei minulla ole tietoa.
Tomi Pötry (Suomen Ilmastointi ja Savunpoisto Oy)	Mielestäni puhdistusjärjestys täytyy katsoa aina kohteen mukaan. Jos tulo-/poistoilmajärjestelmässä käytetään palautusilmaa, jota ei saa jostain syystä pois päältä, pitäisi mielestäni puhdistaa poistoilma ensin, eli jos tuloilmakone ja -kanavat on jo puhdistettu, ja sitten puhdistetaan poistoilmakanavat, niin likaa saattaa siirtyä palautusilman mukana takaisin tuloilmaan. Ja kuinka paljon sinne jo puhdistettuun poistoilmakanavaan oikeasti menee epäpuhtauksia tuloilman puhdistuksen yhteydessä? Kysehan on kuitenkin "vain" poistoilmasta, joka ei vaikuta hengitysilmaan, ellei kanava ole syystä tai toisesta tukossa. Ja tähän huonetila kerralla kuntoon asiasta, mielestäni aina yksi konealue kerrallaan. Eli jos pystyy puhdistamaan koko järjestelmän kerralla puhtaaksi, niin silloin voi ottaa tulot ja poistot samalla kertaa huoneesta, mutta ellei se onnistu, niin silloin aina yhden koneen toiminta-alue kerrallaan puhtaaksi, ettei järjestelmä likaannu kun kone laitetaan yöksi päälle. Mutta niin kuin sanoin puhdistusjärjestys aina katsottava kohteen mukaan!

Taulukko 2. Voiko huonetilojen poistoilmakoneen pysäyttää tuloilmakanaviston alipaineistuksen ja puhdistuksen ajaksi? Tällöin poistoilmajärjestelmässä voi tapahtua takaisinvirtausta eli ulkoilma virtaa huonetiloihin (puhdistetun) poistoilmajärjestelmän kautta. Onko hygieniariski? Pitäisikö korvausilma ottaa mieluummin rakennuksen vaipan vuotoilmareittien ja huonetilojen ikkuna- ja ovi-aukkojen kautta poistoilmakonetta pysäyttämättä?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Aaro Seppälä (ASTQ)	Mielestäni voi, mikäli hygieniariski minimoidaan käyttämällä erillistä alipaineistaja/ilmanpuhdistajaa työn aikana (viite "ilmanpuhdistuksen käsikirja", liitteenä). Sitä voisi käyttää: tuomalla HEPA-suodatettua korvausilmaa ulkoa, puhdistaa ilmaa kierrätysperiaatteella tai käyttää kohdepoistona. Vaipan vuotoilma on oma riskinsä (kosteusvauriot jne.).
Antero Heinonen (Ukon-Ilma Oy)	Alipaineistaja ja suodatinyksikkö (F7-luokan suodatin ja tarvittaessa lisäksi H-luokan suodatin) pyritään sijoittamaan osaston tiloihin, jolloin paine-erot eivät juuri muutu puhdistustyön aikana? Mikäli mahdollista tulo- ja poistoilmakone pysäytetään puhdistustyön ajaksi. Osaston likainen poisto käy koko ajan. Tuloilmakanaviston alipaineistus konehuoneesta on vaikeaa (käytännössä mahdotonta), jos pystynousun kanavakoko on suuri (Ukon-Ilma ei käytä "voimavirtavehkeitä").
Eija Pesonen-Leinonen	Millaista on tulevan ilman laatu? Voiko se kontaminoitua puhdistuksessa poistoilmajärjestelmässä?
Hannu Koskela (TTL)	Jos korvausilma tulee poistokanaviston kautta, tuntuisi tosiaan järkevältä puhdistaa se ensin. Onko riski, että alipaineistuksessa syntyy arvaamattomia virtausreittejä tiloista toiseen, jotka levittävät tiloissa esiintyviä epäpuhtauksia? (En tiedä kuinka isoista paine-eroista tai ilmavirroista on kysymys.)
Ilpo Kulmala (VTT)	Takaisinvirtauksessa voi tulla sisään suodattamatonta ulkoilmaa, toisaalta valtaosa ulkoilman epäpuhtauksista lieenee epäorgaanisia aineksia ja takaisinvirtauksen kesto suhteellisen lyhyt – kuin ikkunan avaisi tuuletuksen ajaksi. Vuotoilmareitit voivat olla itse asiassa huonompi vaihtoehto, varsinkin ulkoseinien välissä voi olla alueita, joissa on mikrobikasvustoa, joista voi kulkeutua bioaerosoleja sisäilmaan.
Jarmo Laamanen (VTT)	Poiston olisi hyvä olla päällä tuon takaisinvirtausvaaran takia tai sulkea poisto iv-koneelta. Ei ole hyvä idea ottaa korvausilmaa ikkuna-aukkojen kautta varsinkaan talvisin (veto), lisäksi ulkoilmaa tulisi suodattamattomana...mieluummin siirtoilmana muista tiloista ja/tai vuotoilmana.
Jouko Airasvaara	ks. taulukko 1
Jouko Ryytänen (PKSSK)	Poistoilmakojetta ei voida kokonaisuudessaan pysäyttää tuloilmakanaviston puhdistuksen ajaksi, jos tiloissa on henkilökunta töissä, muutoin esim. wc- ja suihkutilojen ilmanvaihto loppuu kokonaan. Meillä on menetelty niin että poisto on säädetty osateholle puhdistuksen ajaksi ja korvausilma tiloihin on otettu ulkoa ikkunoiden kautta tiloissa, joissa on kanavistossa takaisinilman virtausriski, puhdistetut kanavistot on väliaikaisesti tulpattu.
Juhani Laine (VTT)	Pitäisikö sekä tulo- että poistoilmajärjestelmä kumpikin pysäyttää puhdistuksen ajaksi? Eikö yleensä tulo- ja poistoilmajärjestelmän käyttö ole kytketty toisiinsa? Muutenhan talon paineet muodostuvat mahdottomiksi, ellei vaipasta aukaista vuotoreittejä tai talo on muuten täysin hatara.
Jukka Vasara (Insinööritoimisto Granlund Oy)	Jos toiminta on tiloissa päällä, näkisin että poistoa ei pysäytetä. Korvausilmareitit vuodenaikojen mukaan joko ikkunasta tai käytävien kautta.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupunki)	Pitäisin poistokoneen päällä koko puhdistustyön ajan, ainakin puolikkaalla ja ottaisin korvausilman pitämällä tuuletusikkunaa hieman auki. Minun tietoni tässä asiassa on kovin rajalliset, mutta uskon, että poistoilmakanavissa saattaa olla ihmisperäisiä bakteereita horrostilassa odottamassa vain paluulippua takaisin paratiisiin.

Taulukko 2. Voiko huonetilojen poistoilmakoneen pysäyttää tuloilmakanaviston alipaineistuksen ja puhdistuksen ajaksi? Tällöin poistoilmajärjestelmässä voi tapahtua takaisinvirtausta eli ulkoilma virtaa huonetiloihin (puhdistetun) poistoilmajärjestelmän kautta. Onko hygieniariski? Pitäisikö korvausilma ottaa mieluummin rakennuksen vaipan vuotoilmareittien ja huonetilojen ikkuna- ja ovi-aukkojen kautta poistoilmakonetta pysäyttämättä? (Jatkuu edelliseltä sivulta.)

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Marianna Tuomai- nen (HKR- Rakennuttaja)	Tuloilmajärjestelmä voi olla päällä poistoilmajärjestelmän puhdistamisen ajan. Kun tuloilmajärjestelmä puhdistetaan, se alipaineistetaan. Jotta takaisinvirtausta poistoilmajärjestelmästä ei tapahtuisi, tulisi poistoilmajärjestelmän olla päällä, kun tuloilmajärjestelmää puhdistetaan. Tämä aiheuttaa huonetiloihin hyvin suuren alipaineen. Mittasin keväällä eräässä kohteessa, jossa oli juuri alkanut ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus (tuloilmanvaihtojärjestelmä oli pois päältä ja poistoilmanvaihtojärjestelmä oli päällä) noin 50 Pa alipaineen! Tulee miettiä onko tämä haitallinen tilanne sairaalan potilaille. Mistä korvausilma oikein tulee? Rakenteiden vuotokohdista, ikkunoista, muista tiloista. Kuinka paljon tästä on haittaa? Voiko muista tiloista levitä viruksia, bakteereja? Rakenteista voi tulla sisälle homeitiöitä. Entä jos poistoilmanvaihtojärjestelmä pidetään pois päältä, kun tuloilmajärjestelmää puhdistetaan. Tällöin poistoilmaventtiilit pitää peittää muovikalvolla ja teipata tiiviisti kiinni, jotta takaisinvirtausta poistoilmakanavien kautta huonetiloihin ei tapahtuisi. Jos poistoilmanvaihtojärjestelmä pidetään pois päältä tuloilmajärjestelmän puhdistamisen aikana, välttyttäisiin ylisuurilta alipaineilta.
Sami Aalto (Ilmastointi ja nuohous Petri Valve Oy)	Poistoilmakonetta ei kannata missään tapauksessa pysäyttää. Jos tuntuu, että puhdistusalueella vetää liikaa, voidaan säätöpelileillä säätää vetoa vain sille kanavalle, jota sillä hetkellä puhdistetaan. Tiloista riippuen yritetään vaikka "lainata" ilmaa esim. viereisistä tiloista raottamalla ovea.
Sanna Lappalainen (TTL)	Pitäisin vaipan vuotoilmareittiä vielä haitallisempana (mikrobien kannalta).
Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt)	Mielestäni ei, jos kanavassa ei ole takaisinvirtauselintä (poisto-kanavaan tehtävä suodattimella varustettu yhde).
Tomi Pötry (Suomen Ilmastointi ja Savunpoisto Oy)	Nykyään lähes kaikissa koneissa menee raitis- ja jäteilmapelti kiinni heti kun koneet sammuttaa, eli tuommoista takaisinvirtausta ei pitäisi syntyä. Mutta jos jostain syystä näin tapahtuisi, niin se on ehdottomasti hygieniariski, varsinkin sairaaloissa! Mieluummin raitisilma aina rakennuksen omista raitisilma-aukoista tai ikkunoista.

Taulukko 3. Tulisiko päätelaitteet, virtaussäätimet yms. ilmanvaihtolaitteet huoltaa ja pestä sairaalan likaisissa tiloissa, eikä sairaalan puhtaissa tiloissa kuten nykyisin yleisesti tehdään esim. potilashuoneiden ja käytävien pesualtaissa?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Aaro Seppälä (ASTQ)	Kyllä, mikäli logistisesti on järkevää. Teknisiä tiloja, siivouskome- roita, -huoneita ja -keskus löytyy useimmista sairaaloista. Muus- sa tapauksessa tulisi perustaa esim. käytävän sopivaan kohtaan pesupaikka, jossa voisi olla pikaosastointi (Ekostep- teleskoopit ja muovikalvoseinät, OnCe-ovisulku).
Antero Heinonen (Ukon-Ilma Oy)	Päätelaitteiden pesu siivouskomerossa. Päätelaitteet viedään pesun jälkeen samaan huonetilaan ("puhtaan paperin päälle" odottamaan kanavaan kiinnitystä), josta ne oli otettu. Yksi mies pesee huoneti- lojen päätelaitteet.
Eija Pesonen- Leinonen	Sairaalan likaiset tilat, mitä ne ovat? Onko vaarana että päätelait- teista jne. ja työntekijästä irtoaa likaa tai puhdistusroiskeita ympä- ristöön? Epäpuhtauksia, joista on vaaraa muille. Päätelaitteiden jne. kuljettaminen sinne tänne on myös hankalaa. Likaisessa tilas- sa voi olla kontaminaation riski, ellei ko. tilaan pystytä järjestä- mään paikka/aluetta, jossa jo puhdistetut laitteet eivät kontami- noituisi epäpuhtauksia sisältävän ilman ja pintojen välityksellä. Siellä hyvä, missä puhdistustyö on tehokkainta ja puhtaustulos saavutetaan ja se pysyy päätelaitteiden asentamiseen asti.
Ilpo Kulmala (VTT)	Likaiset tilat on hieman voimakas ilmaisu, mitäs ne ovat? Onko pätelaitteissa havaittu esim. mikrobikasvustoa, mikä voisi olla syynä tarpeeseen tehdä puhdistus muualla kuin potilashuoneissa?
Jari Aaltonen (Are Oy)	Jos ja kun puhdistustyön yhteydessä tehdään ilmamäärien mitta- us- ja säätötyöt, niin pääte-elinten pesupaikalla ei suurta merkitys- tä. (Pääte-elimien suurin puhdistushan tapahtuu imuroimalla, kun venttiiliä irrotetaan.)
Jarmo Laamanen (VTT)	Pitäisi olla oma pesupaikka poissa yleisistä tiloista pölyn leviämisen estämiseksi esim. siivouskomero tai iv-konehuoneen lavuaari. Li- kaisten päätelaitteiden kuljetus umpinaisissa astioissa.
Jouko Airasvaara	ks. taulukko 1
Jouko Ryyänen (PKSSK)	Sairaalatiloissa on yleensä aina osastokohtaiset siivoushuoneet, joissa päätelaitteet on pesty. Pesuaineena on käytetty Tolua, joka auttaa pölyn ja rasvan irtoamiseen. Päätelaitteita ei ole pesty poti- lashuoneiden pesualtaissa.
Juhani Laine (VTT)	Pesut muualla kuin puhtaissa tiloissa eli huoltotiloissa.
Jukka Vasara (Insinööritoimisto Granlund Oy)	Jos toiminta on päällä, tulisi pesu tehdä likaisissa tiloissa.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupun- ki)	Kyllä koneet ja ihmiset pitäisi erotella näissä pesuasioissa aika tarkkaan. Tulee tietysti poikkeus, kun konetta käytetään ihmisen hoidossa.
Marianna Tuomai- nen (HKR- Rakennuttaja)	Kyllä olen sitä mieltä, että päätelaitteet, virtaussäätimet yms. il- manvaihtolaitteet tulee huoltaa ja pestä sairaalan likaisissa tiloissa eikä sairaalan puhtaissa tiloissa
Martti Airasvaara (Savon Ammatti- ja Aikuisopisto)	Kaikki päätelaitteet ja kojeet olemme aina pesseet niille osoitus- sa kiinteistön huoltoyksikötiloissa, ei milloinkaan sairaalan puh- taissa tiloissa, tietenkin jos koko kohteessa on saneeraus tms. me- neilläään ja se siten on mahdollista, ei muuten.
Sami Aalto (Ilmastointi ja nuo- hous Petri Valve Oy)	Venttiilit ja kaikki muutkin pestävät osat pestään aina siivousko- merossa tai muussa likaisessa tilassa, ei koskaan potilashuonees- sa/käytävällä.
Sanna Lappalainen (TTL)	Pitäisi ehdottomasti, ja vaikka kevyt, mieto desinfiointi pyyhintä palatessa jossakin ns. puhtaassa huoneessa.
Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt)	Pestävä likaisissa tilassa.
Tomi Pötty (Suomen Ilmastoin- ti ja Savunpoisto Oy)	Päätelaitteiden pesussa täytyy ottaa huomioon myös pesemisestä aiheutuva ajallinen haitta, eli jos likaisen tilan pesuallas on kovin kaukana, niin peseminen on hyvin hidasta, koska päätelaitteet on hyvä laittaa aina samaan huoneeseen mistä sen on ottanutkin, ettei järjestelmän ilmavirtojen säädöt mene ihan pieleen. Ja onhan se päätelaitteessa oleva lika tullut nimenomaan siitä huoneesta. Mutta mikäli se on järkevää, niin ehdottomasti pesu jossain likai- sessa tilassa, esim. siivouskomerossa.

Taulukko 4. Kestääkö äänenvaimentimien pinnoitus viittä vuotta (sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusväliä) vai tulisiko äänenvaimentimien pinnoitusta välttää ja ohjeistaa vaihtamaan vaurioituneet vaimennusmateriaalit/äänenvaimentimet/päätelaitteet aina uusiin?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Aaro Seppälä (ASTQ)	Arvioitava tapauskohtaisesti; voisi kehittää kuntoarvion arvo-analysiteknikkaan pohjautuen (vrt. asbestin kapselointi). Esim. Töölön sairaalan ja Allergiasairaalan pinnoituksista lienee kulunut viisi vuotta; niissä voisi tehdä jälkikatselmuksen.
Antero Heinonen (Ukon-Ilma Oy)	Tuloilmalaitteiden äänenvaimentimet käsitellään Sasulla puhdistuksen jälkeen, jos äänenvaimentimissa on vaurioita. Pinnoitteen (Sasun) kestoikästä ei ole tietoa.
Ilpo Kulmala (VTT)	En osaa sanoa. Kuinka iso ongelma äänenvaimentimesta irtoavat hiukkaset on?
Jari Aaltonen (Are Oy)	Jos pinnoituksen pääsee tekemään, niin nykyaineilla se kyllä kestää. Lamellivaimentimissa kannattaa melko usein uusia lamellit nykymateriaaleilla (esim. dacron, pestävä pinta). Pääte-elinten pintoja ei kannata pinnoittaa, vaan vaurioituneet materiaalit kannattaa poistaa, tai uusia koko pääte-elin.
Jarmo Laamanen (VTT)	Pinnoittamista tutkittu tietääkseni niin vähän (olemme tehneet asiasta tasan yhden toimeksiantotutkimuksen), että asiasta paha mennä sanomaan mitään. Vaurioituneet äv-materiaalit aina vaihdettava uusiin. Irrotustyön aikaiseen (jos esim. iv-koneen seinämät villoitettu) pölyn/kuitujen leviämiseen kiinnitettävä erityistä huomiota.
Jouko Airasvaara	Äänenvaimentimien kuntoa tulisi seurata silmämääräisesti (missä se on mahdollista) tai ottamalla kanavista ja päätelaitteilta pölynäytteitä määräajoin. Kokemukseni mukaan pinnoitus on väliaikaisratkaisu, vaurioituneet äänenvaimentimet/päätelaitteet tulisi aina uusia.
Jouko Ryyänen (PKSSK)	Jos on kyseessä nykyiset lasikuitu- tai huopapintaist äänenvaimennusmateriaalit, ne kestävät useita nuohouskertoja, jos kyseessä on ns. 15-vuotta vanha tai vanhempi äänenvaimennin, joka on mineraalivillapinnan osalta jouduttu käsittelemään esim. Grafoseal-pinnoitteella, pinnoitus joudutaan uusimaan joka puhdistuksen yhteydessä.
Juhani Laine (VTT)	Äänenvaimentimia ei pitäisi kokonaan pinnoittaa. Pienet vauriokohdat voidaan korjata pinnoittamalla.
Jukka Vasara (Insinööritoimisto Granlund Oy)	Äänenvaimentimien pinnoituksen pitäisi kestää useita puhdistusväljää. Mikäli vaurioita tulee, pitää ne tietysti korjata.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupunki)	Ainakin tämä Kivelän tapaus oli selvä, kun korjauksiin päästiin hyvin käsiksi. Tulee varmaankin kanavia vastaan, joihin ei yksinkertaisesti pääse muutostöitä tekemään ilman suuria kustannuksia ja etsimällä potilaille korvaavat tilat...mistä?
Marianna Tuomai-nen (HKR-Rakennuttaja)	Vaurioitunut, rikkonainen äänenvaimenninmateriaali tulisi mielestäni aina vaihtaa uuteen. Sen sijaan ehjä pinnoittamaton äänenvaimenninmateriaali, joka sijaitsee reikäpellin alla ilman muovia tai lasikuitukangasta, voidaan pinnoittaa kuituja sitovalla aineella. Minulla ei tosin ole tietoa siitä kuinka monta vuotta äänenvaimentimien pinnoitus kestää. Tästä tiedosta olisi paljon hyötyä!
Sami Aalto (Ilmastointi ja nuohous Petri Valve Oy)	Ainakin nykyiset pinnoitusaineet kestävät valmistajan mukaan. Uskon kyllä, että kestävät kun ei ole mitään mekaanista rasitusta (ainakaan huonoja kokemuksia ei vielä ole).
Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt)	Kunto tulisi tarkastaa ja vialliset/vaurioituneet vaihtaa. On myös kustannuskysymys.
Tomi Pötry (Suomen Ilmastointi ja Savunpoisto Oy)	Minun mielestä koko pinnoitus on täyttä humpuukkia. En ainakaan itse ole vielä törmännyt aineeseen, joka kestäisi edes vuotta. Ja ylipäänsä olen sitä mieltä, että tuloilmassa ei saisi ikinä käyttää villaa, vaan jotain pölyämätöntä materiaalia, eli villat vaihtoon aina kun tulee tuloilmassa vastaan!

Taulukko 5. Ilmanvaihtokoneiden lämmönsiirtimien lamellien välien kunnollinen puhdistaminen on vaikeaa (erityisesti syvät LTO-patterit). Miten lämmönsiirtimien puhdistettavuutta voitaisiin parantaa?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Aaro Seppälä (ASTQ)	Uusin tekniikka on höyrypuhdistus, jota voi verrata paineilmapuhallukseen, mutta kuumalla ja kostealla höyryllä. Jopa 120 bar höyrypuhdistin (Idroelectric ks. liite) on olemassa tähän tarkoitukseen. Puhdistettavuutta voi parantaa luoksepäästävyttä, välejä ja viemärointiä parantamalla.
Antero Heinonen (Ukon-Ilma Oy)	On tärkeää, että lämmönsiirtimet puhdistetaan huolellisesti imuroimalla ja paineilamalla suodatinvaihdon yhteydessä (1–2 kertaa vuodessa). Puhdistus tulee tehdä lämmönsiirtimen käytönaikaista ilman virtaussuuntaa vastaan. Mikäli siirrin pääsee likaantumaan kunnolla, siirrintä ei enää välttämättä saa paineilamalla puhtaaksi. Veden käyttöä tulee puhdistustyössä välttää, jos siirrintä ei saada varmasti pestyä kunnolla (vaakatasossa).
Ilpo Kulmala (VTT)	Vaikeaa on, parempi olisi kun estettäisiin likaantuminen esim. puhdistamalla poistoilma (ja tuloilma) riittävän tehokkaasti ennen LTOa.
Jarmo Laamanen (VTT)	Olen myös tätä miettinyt aika ajoin. Ilmeisesti erityisen ja toimivan ”puhdistuskamman” valmistaminen ei onnistu? Jäähdytyspalkkeihin sellainen olisi helpommin kehitettävissä. Jotta siirrin saataisiin kunnolla puhdistettua sen tulisi olla helposti irrotettavissa iv-koneelta vesi/painepesua varten...siinä valmistajille miettimistä.
Jouko Airasvaara	Lämmönsiirtimien puhdistettavuutta voitaisiin parantaa niin, että ne voitaisiin pestä molemmilta puolilta tai ne voitaisiin irrottaa helposti puhdistuksen ajaksi paikaltaan.
Jouko Ryytänen (PKSSK)	Syvien lamelli-LTO-patterien puhdistettavuutta voidaan parhaiden parantaa asentamalla patteri siten, että sen puolivälissä on esim. 250 mm leveä välisolja. Tätä ratkaisua on käytetty mm. ravintoloiden rasvapoistojen lämmön talteenotossa.
Juhani Laine (VTT)	Likaantuminen tulisi estää ilmansuodatuksella. Puhdistettavuuteen en osaa ottaa kantaa, tulisi ilmeisesti pestä riittävän usein.
Jukka Vasara (Insinööritoimisto Granlund Oy)	Kunnolliset välisoljat pattereiden välillä auttaa puhdistuksessa.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupunki)	Selvästi suunnittelijan, valmistajan ja tilaajan välinen juttu. Tilajan on vain osattava vaatia laitteen huollettavuutta. Tällä hetkellä suunnittelijan paineet taitavat olla kustannuspainotteisia ja tämän-tyyppiset pesujärjestelmät ja niiden rakentaminen koskettavat kukkaroa ostohetkellä tosi kipeästi. Suunnittelijan pitää vakuuttaa tilaajalle laskennallisesti, jotta lämmityskustannuksissa rahalle saadaan markkinoita parempi korko kun hyötysuhde pysyy korkeana ja lämmityskustannukset minimissä.
Marianna Tuomai- nen (HKR- Rakennuttaja)	Jos suodatus on asianmukainen (oikea suodatusluokka, ei ohivirtauksia), niin lamellien imuroinnin ilmanvaihtolaitteiden määräaikaishuollon yhteydessä pitäisi riittää pitämään patterit puhtaina. Jos patteri kuitenkin niin likainen, ettei imurointi tai paineilma auta, niin ainoa vaihtoehto on pesu. Pesuun liittyviä riskejä on liian usein se, että vesi pääsee rakenteisiin eli patterit pitäisi pestä muualla kuin konehuoneessa.
Martti Airasvaara (Savon Ammatti- ja Aikuisopisto)	Lämmönsiirtimien puhdistamisessa käytimme jo vuosien ajan alipaineistusta ja paineilmaa esipuhdistamisessa, sekä myös imurointia. Tämän jälkeen lamellit pestiin matalapainepesulla, ja yleensä pääsimmekin hyvään lopputulokseen, tietenkin, jos patteri on ollut puhdistamatta vuosia, eikä siinä ole ollut oikean suodatusluokan suodattimia, saattoi ainut vaihtoehto olla lamelliosan vaihto kokonaan uuteen. Samoin uusien suodattimien luokitus ja pinta-ala, sekä niiden huolto sovittiin, ja hoidettiin kuntoon.
Sami Aalto (Ilmastointi ja nuohous Petri Valve Oy)	Patterien tulisi olla suunniteltu niin että ne pystyttäisiin pesemään vedellä (eli tilaa molemmille puolille ja vettä kestävä materiaalia). Syvät patterit tulisi jakaa muutamaosaan (eli muutama patteri peräkkäin ja väliin vähän tilaa).
Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt)	Jospa tietäisi (irrotus, liotus ja huuhtelu vastavirtaan)?
Tomi Pötty (Suomen Ilmastointi ja Savunpoisto Oy)	Lämmönsiirtimien puhdistus on todellakin vaikeaa, usein melkein mahdotontakin. En ole ainakaan itse keksinyt tähän ongelmaan muuta ratkaisua, kun että näihin koneen osiin tehtäisiin kunnan viemäriaukko ja kaadot ehdottomasti kunnolla viemäriin päin, jotta lamellit voisi pestä painepesurilla!

Taulukko 6. Puhallinkonvektoreiden toiminta ja hygienia: Miten usein kondenssiveden poisjohtamisessa/kondenssivesialtaan hygieniassa on havaittu sairaaloissa ongelmia? Miten usein puhallinkonvektoreiden suodattimet pestään/vaihdetaan ja miten usein konvektorit huolletaan? Mitä toimenpiteitä puhallinkonvektorin huolto sisältää?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Aaro Seppälä (ASTQ)	Näistä ongelmista, suodattimien vaihtoväleistä ja puhdistusmenetelmistä ei ole minulla tietoa. Kondenssiveden poistoon, mahd. biofilmiin (puhdistus Citroxilla) ja viemäroinnin toimivuuteen tulee kiinnittää erityishuomio. Em. höyrypuhdistus sopii tähän hyvin. Pitempivaikutteisena desinfektioaineena suosittelemme MCF pinta-desinfektiota ja MCF Pintasuojaa http://www.astq.composer.fi/articles/941/ IV-laitteistojen desinfectioon osviittaa: http://www.astq.composer.fi/images/esite/maxox_kasikirja_09.pdf
Antero Heinonen (Ukon-Ilma Oy)	Puhallinkonvektorien ja jäähdytyspalkkien tulisi olla "hajotettavissa" puhdistustyötä varten. Suodattimien vaihto/pesu tulisi tehdä kaksi kertaa vuodessa, konvektorin huolto kerran vuodessa. Puhdistus- ja huoltotyö on ammattilaisen työtä. Huolto on tärkeää.
Jari Aaltonen (Are Oy)	Pääsääntöisesti puhallinkonvektorit huolletaan kerran vuodessa. Huollon sisältö: Suodattimen tarkistus, pesu/puhdistus/vaihto tarpeen mukaan, toiminnan tarkastus (säätölaitteet, kondenssivesipumput, yms.), kondenssivesialtaiden puhtaiden tarkistus, puhdistus tarvittaessa. Jos kondenssivesiviemärointi hoidettu asiallisesti, niin harvemmin enää tänä päivänä törmää ongelmiin. (Eli pumput toimivat, kaadot oikeaan suuntaan, kondenssivesi johdettu viemäriin, putkikoot oikein ja huollot tehty määräajoin.)
Jarmo Laamanen (VTT)	Näistä minulla ei juurikaan ole kokemuksia.
Jouko Ryynänen (PKSSK)	Puhallinkonvektorien suodattimien puhdistus tapahtuu meillä paikasta riippuen 3 kk tai 6 kk välein (riippuu kuinka paljon tilassa käytetään pölyävää materiaalia kuten paperia sisältäviä suoja-liinoja). Muina huoltotoimenpiteinä on puhaltimen laakerien rasvaus/uusinta, joskin puhallinkonvektorien laakerien uusintaan joudutaan harvoin, yleensä siinä vaiheessa jo koko laiteen tekninen käyttöikä on täyttynyt ja se uusitaan kokonaisuudessaan. Puhallinkonvektorien kondenssivesiviemäroinnin osalla on ilmennyt joskus ongelmia. Jos viemäri on liitetty hajulukon välityksellä jätevesiviemäriin, voi hajulukko kuivua, koska esim. talviaikana kondenssiveden määrä on vähäinen ja viemärikaasut tulevat huonetilaan.
Juhani Laine (VTT)	Kondensoivat puhallinkonvektorit eivät sovellu käytettäväksi hygieenisesti vaativissa tiloissa. Ne vaativat usein tapahtuvaa huoltoa (suodattimet ja kondenssivesijärjestelmä).
Jukka Vasara (Insinööritoimisto Granlund Oy)	Kondenssialtaat ovat likapesiä, eikä niitä tulisi mielellään käyttää puhtaissa tiloissa ainoastaan teknisissä ja paljon lämpökuormaa sisältävissä tiloissa. Konvektorit pitäisi huoltaa kerran kaksi vuodessa, mutta useinkaan näin ei tapahdu.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupunki)	Kyseisiä konvektoreita on vain hammashoidossa ja kokemukset vähäisiä. Välinehuoltoväki imuroi laitteet kerran kuussa eikä kondenssivesialtaista ole ollut ongelmia.
Marianna Tuomai-nen (HKR-Rakennuttaja)	En osaa vastata puhallinkonvektoreita koskeviin kysymyksiin.

*Taulukko 6. Puhallinkonvektoreiden toiminta ja hygienia: miten usein kondenssi-
veden poisjohtamisessa/kondenssivesialtaan hygieniassa on havaittu sairaalois-
sa ongelmia? Miten usein puhallinkonvektoreiden suodattimet pes-
tään/vaihdetaan ja miten usein konvektorit huolletaan? Mitä toimenpiteitä pu-
hallinkonvektorin huolto sisältää? (Jatkuu edelliseltä sivulta.)*

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Martti Airasvaara (Savon Ammatti- ja Aikuisopisto)	Puhallinkonvektoreita emme sairaalatiloiissa tavanneet, vain toi- misto- ja liiketiloissa. Niissä nimenomaan kondenssiveden sekä jäähdytys/lämmitysputkien eristämisisä tapahtuneet virheet ja laiminlyönnit työllistivät paljon, eristämisen laiminlyönneistä pahin oli erään pankin toimistotilat. Siellä jouduttiin uusimaan kaikki put- kistolinjat ja kuivattamaan osa huoneista, sekä suorittamaan ho- mekorjaustyöt. Tilat olivat pahoin kostuneet ja riittävästä kondens- siveden poistoaltaan koosta ei ollut huolehdittu, ja samalla puuttui kosteuseristys altaan ympäriltä. Putkistojen eristämisessä oli käy- tetty armafex- tyyppistä materiaalia, ja sen asennuksessa oli pal- jon laiminlyönnejä. mm. avonaisia saumoja, puutteellinen liimaus, liian ohut eristysvahvuus. Konvektoreiden huollosta eivät juurikaan kiinteistöhuollosta vastaavat henkilöt tiedä, suodattimet vaihde- taan toimestamme ja samalla ne alipaineistetaan ja imuroidaan, sekä käytetään paine-ilmaa apuna. Jos havaitaan silmämääräises- sä tarkastuksessa kosteusongelmia, sovimme tarvittavista toimen- piteistä. Niihin kuuluivat yleensä juuri tukkeutuneen kondenssi- veden poistoputkien puhdistus ja desinfiointi, jos kondenssivesiallas oli kovettunut ja vaurioitunut (muovia) vaihdettiin se uuteen. Sa- malla tarkistettiin laitteen toiminta, ovatko säätölaitteet kunnossa ja kuinka puhallinosan laakerit toimivat jne.
Sanna Lappalainen (TTL)	Puhallinkonvektoreiden hygieniassa on havaittu puutteita sekä tutkimushankkeissa että palvelutöissämme.
Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt)	Aika usein ohivuotoa ja liettymä altaiden pohjassa. Poistojen yh- teet liian pieniä – pestään noin 3 krt/vuosi – huolto 2 krt/vuosi.
Tomi Pötry (Suomen Ilmastoin- ti ja Savunpoisto Oy)	Puhallinkonvektorit ei ainakaan meillä kuulu yleensä urakkaan, vaan niiden huollot tekee huoltomies. Mutta kyllä minä suosittelisin niidenkin huollon vähintään kerta vuoteen.

*Taulukko 7. Pitäisikö sairaaloiden ilmanvaihtokanavien tiiviys tarkastaa paineko-
keella ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön yhteydessä?*

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Hannu Koskela (TTL)	Tulo- ja poistokoneiden tiiviys tuntuisi tärkeältä, jotta poistoilmaa ei pääse tuloilmaan konehuoneen kautta.
Ilpo Kulmala (VTT)	Kuinka iso ongelma kanavien vuoto on verrattuna esim. eri tilojen väliseen vuotoon?
Jari Aaltonen (Are Oy)	Valmiin kanaviston painekoe on sen verran isotöinen asia, jotten suosittele.
Jarmo Laamanen (VTT)	Ehkä ainoastaan kriittisistä paikoista pistokokeena kyllä. Jos tulo-kanavisto vuotaa paljon esim. alakattojen yläpuolella, ilmasuihkut voivat olla ongelma pölyn levittäjänä.
Jouko Airasvaara	Tiiviystarkastus olisi silloin paikallaan, kun puhdistaja huomaa kanavien vahingoittuneen (esim. ullakon paloeristetyt kanavat). Leikkaussalien ja muiden erikoista puhtautta vaativien tilojen, sekä kohdepoistojen joiden kanavat kulkevat puhdistilojen läpi, jos kanavissa huomataan vuotoja (hajuhaitat). Hajuhaitat johtuvat usein myös eritilojen painesuhteiden muuttumisesta (esim. ilmanvaihdon käytöstä).
Juhani Laine (VTT)	Pitäisi. Pitäisi myös tiivistää ilmakehän kanavisto.
Tomi Pötry (Suomen Ilmastoin- ti ja Savunpoisto Oy)	Mielestäni painekoe pitäisi tehdä silloin kun järjestelmä asennetaan tai sitten silloin, jos järjestelmässä havaitaan ongelmia, esim. suuria painehäviöitä tai epätavallisen suuria epäpuhtauksia. Muulloin sitä ei mielestäni tarvitse tehdä.

Taulukko 8. Mikä on riittävä puhdistusväli potilashuoneiden jäähdytyspalkkeille?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Antero Heinonen (Ukon-Ilma Oy)	Osa vanhoista jäähdytyspakeista on vaikeasti puhdistettavissa. Palkin joutuu "hajottamaan" ennen puhdistusta.
Jari Aaltonen (Are Oy)	Imurointi kerran vuodessa päältä. Lamellipinnat, joita ei imuroinnin yhteydessä ilman esim. alakaton purkuja tai palkin purkuja pääse tekemään, tarpeen mukaan, tapauskohtaisesti.
Jarmo Laamanen (VTT)	Ei kokemusta näistä mutta "iv-järjestelmän visuaalinen puhtausas- teikko" lienee kelpo työkalu myös tässä kohtaa. Valmistajien tulisi tämä määrittää tutkimalla.
Jouko Airasvaara	Puhdistamissamme sairaaloissa ei ole ollut jäähdytyspalkkeja. Sa- von Sanomien toimiston tietokone- ja toimittajatilojen jäähdytys- palkit puhdistettiin noin viiden vuoden käytön jälkeen ensimmäisen kerran. Ko. tilojen ja siellä sijaitsevien laitteiden suojauksessa oli enemmän työtä kun itse jäähdytyspalkkien puhdistuksessa. Jääh- dytyspalkit puhdistettiin imuroin- ti/paineilma/alipaineistusmenetelmällä.
Juhani Laine (VTT)	Ne on liitettävä huoneiden siivousohjelmaan: esim. imuroidaan ja pyyhitään pölyt kuukausittain. Näin myös kaikki ilmanvaihdon pää- telaitteet.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupun- ki)	Meillä ei ole käytössä jäähdytyspalkkeja.
Tomi Pötry (SIS Oy)	Potilashuoneiden jäähdytyspalkkien puhdistusväli tarpeen mukaan, kuitenkin vähintään 2 vuoden välein. Tarkistus kerran vuodessa.

Taulukko 9. Mitä tekijöitä sairaalailmanvaihdon suunnittelussa pitäisi huomioida ilmanvaihdon puhdistustyön helpottamiseksi? Mitä suunnittelijoiden pitäisi tietää ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöstä?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Aaro Seppälä (ASTQ)	Parempi luokse päästävyys, toimivat viemäroinnit ja vedensaanti pestäville laitteille, huoltoluukut oikeisiin, järkeviin paikkoihin, huoltotilaa konehuoneisiin, helposti tarkastettavat, puhdistettavat ja säädettävät päätelaitteet, lumen ja sateenestojärjestelyt, pysyvät puhdistusohjeet laminoituna, puhdistus- ja säätöasiakirjat helposti saatavilla; puhdistushistoria, komponenttitoimittajilta kunkin laitteen puhdistusohje, oviaukot ja kulkureitit alipaineistajien kuljettaviksi, alakattojen avattavuus ja puhdistettavuus.
Eija Pesonen-Leinonen	Luokse päästävyys, toiminnan nopeus, helppous, työn turvallisuus ja ergonomia. Mahdollisimman vähän häiriötä varsinaiselle toiminnalle – turvallisuustekijät myös mahdollisesti tilassa liikkuville. Luokse pääsemisen vaivattomuus, riittävästi tilaa työlle ja siinä tarvittaville koneille ja laitteille sekä mahdollisesti purettaville rakenteille. Mahdolliset ohjeelliset arvot – antropometrisiin mittoihin ja itse työn tarvitsemaan tilaan perustuen, laitteiden tarvitsema (puhdistuslaitteiston sijoitus). Puhdistus- ja huoltoluukkujen paikat, alipaineistusyhteet, jotta puhdistaminen onnistuu. Miten työ tehdään? Mitä laitteita tarvitaan? Mitä apuvälineitä tarvitaan? Työn suhde tilaan selviää.
Ilpo Kulmala (VTT)	Hyvällä suodatuksella voidaan ainakin tuloilmakanavisto pitää puhtaana pidempään, kanavisto mahdollisimman suora ilman tarpeettomia mutkia ja esteitä puhdistinlaitteille, puhdistusluukut tai ilmanjakotelimet siten että kanaviston puhdistaminen on mahdollista. Suunnittelijan pitäisi käydä itse puhdistamassa kanavat niin tietäisi.
Jari Aaltonen (Are Oy)	Oikeat pääte-elinvalinnat (eli pääte-elimet puhdistettavissa). Puhdistusluukkujen sijainti ja lukumäärä. Suodattimen valintaan kannattaa kiinnittää huomiota (hyvällä suodatuksella tuloilmakanaviston puhdistustarve harvenee).
Jarmo Laamanen (VTT)	Samoja asioita tulee mieleen kuin minkä tahansa kohteen puhdistamisessa...en keksi mitään erityistä.
Jouko Ryyänän (PKSSK)	Puhdistusluukkujen sijoittamiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota, monesti ilmanvaihtokanavat ovat holvissa kiinni ja muu tekniikka niiden alapuolella estäen puhdistusluukuille pääsy mahdollisuuden. IV-konehuoneisiin tulisi jo rakennusvaiheessa jättää tulpatut lähtökaulukset puhdistuksessa tarvittavan alipaineimurin liitäntää varten. Konehuoneessa tulee olla jo rakentamismuutoksessa asennettu 32A:n 3-vaihe pistorasia alipaineimurin liitäntää varten, puhallinmoottorit ovat suuruusluokkaa 16 kW. Etenkin leikkaussaleihin, joissa ilman kierrätysmäärä on suuri olisi poistoventtiilien yhteyteen saatava laajapintaisina esim. F6-luokan suodattimia, jotka ovat helposti vaihdettavissa ja samalla vähentävät kanaviston puhdistustarvetta. Eristyshuoneiden, joissa poistossa on HEPA-suodattimet, päätelaitteen sisällä HEPA:n edessä tulee olla F6-luokan suodatin, joka suojaa HEPA-suodatinta likaantumislta (tällaista vakio koostetta en tiedä markkinoilla olevan), olemme joutuneet jälkiasennuksena tarrakiinnityssysteemillä tällaisia rakentamaan.
Juhani Laine (VTT)	Yleensäkin suunnittelussa (arkkitehti- ja LVI-suunnittelu) tulee ottaa huomioon huollon ja puhdistustyön TILANTARPEET. Tarvitaan erillinen talotekniikan vaatimien tilojen reitityssuunnitelma jo arkkitehtisuunnittelun pohjaksi. Onko kykeneviä LVI-suunnittelijoita tähän suunnitteluvaiheeseen? Käytännössä aina tuntuu olevan tilanpuutetta talotekniikan hyvälle toiminnalle ja huoltotoimille.
Jukka Vasara (Insinööritoimisto Granlund Oy)	Puhdistusluukkujen sijoitus mietittävä tarkasti. Niiden aukaistavuus tarkistettava valvontavaiheessa.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupunki)	Lähinnä tulee mieleen puhdistusluukkujen riittävyys. Tuntuu välillä siltä, että joka toisessa puhdistuskohteessa lisätään ko. luukkuja. Parempi, jos suunnittelija tietäisi kaiken. Eräs konsti olisi antaa suunnitelmat kokeneen puhdistusliikkeen kommentoitavaksi.
Marianna Tuomainen (HKR-Rakennuttaja)	Ilmanvaihtojärjestelmässä tulee olla riittävästi puhdistusluukkuja, joihin on helppo päästä käsiksi.

Taulukko 9. Mitä tekijöitä sairaalailmanvaihdon suunnittelussa pitäisi huomioida ilmanvaihdon puhdistustyön helpottamiseksi? Mitä suunnittelijoiden pitäisi tietää ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöstä? (Jatkuu edelliseltä sivulta.)

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Martti Airasvaara (Savon Ammatti- ja Aikuisopisto)	Sairaalatiloissa käytettävät eristemateriaalit aiheuttavat puhdistus- työssä suuria ongelmia, koska kohteet ovat puhdistiloja ja yleensä P1-luokiteltuja ja sisäilmaston osalta S1- tai S2- tiloja. Kun puhdis- tustyössä joudutaan avaamaan sisäkattoja ja rakenteita, sekä asen- tamaan puhdistus-/tarkastusluukkuja erilaisten sulku-, säätö- ja palopeltien tai kanavamuunnosten takia, tulevat näin eristeetkin mukaan kuvaan, kuten tiedämme kuitujen pitoisuusrajat tänä päivä- nä P1- tai S1-luokan tiloissa, aika mahdoton yhtälö. Ehdotankin seu- raavaa, jatkossa tulisi varmistaa riittävä määrä puhdistus- ja tarkas- tusluukkuja erityiskohteisiin, jotka vaativat P1- tai S1-luokitusta. Samoin voitaisiin miettiä vaihtoehtoisesti tilojen palo- osastointivaatimusten täyttämistä rakennusten seinämä ja LVI- roilovaatimusten luokitusten uusimisella, koska osastojen sisällä eristäminen on sisäilmasto ja puhdas-luokituksista johtuen mahdo- tonta, ainakaan ne eivät täyty. Aina kun alakattotiloja aukaistaan, ja niiden päällä sijaitsee eristettyjä materiaaleja, tämä ongelma on olemassa. Ei yksin paloeristeet, vaan myös lämpö- ja jäähdytyslaite- eristykset.
Sami Aalto (Ilmastointi ja nuohous Petri Valve Oy)	Ainakin kaksi asiaa tulee mieleen heti: (1) Jokaiseen kerrokseen tulisi olla omat tuloilmakanavat konehuoneesta saakka, jolloin il- manvaihto häiriintyisi vain ko. kerroksessa puhdistustyön aikana. Tällöin saataisiin kanavisto alipaineistettua kunnolla puhdistuksen ajaksi, joka omalta osaltaan parantaisi puhdistettavuutta. Nykyisin on usein monta kerrosta samassa pystyssä. Kun tällainen kanavisto alipaineistetaan konehuoneesta, on tuloilmakanavisto joko alipainei- nen tai tuloilmaa ei voida johtaa muihin kerroksiin alipaineisen pys- tynousun (runkokanavan) kautta, ennen kuin joka kerros on putsat- tu ko. pystyn osalta (ts. pitkä "katkos" tuloilmassa). (2) Käytetään vain päätelaitteita jotka saa purettua niin, että niistä päästään suo- raan kanaviin ja osat pestyä.
Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt)	Tilojen suunnittelussa tulee huomioida koneiden mahdollinen purku. Tilojen vesi ja viemärinti – koneiden pinnoitus sisältä – kanavisto- jen puhdistettavuus, kanavan muoto, luukut, pellit, pääte-elimet, anturit, sisäpinnat, liitoskohdat sekä kanavan juohevuus
Tomi Pötry (Suomen Ilmas- tointi ja Savun- poisto Oy)	Puhdistusta voi helpottaa puhdistajien mielestä monellakin tapaa, mutta se ei yleensä vain ole mahdollista, eli esim. ei ollenkaan kant- tikanavaa! Myös puhdistusluukut järkeviin paikkoihin, alakattoihin puhdistusluukun kohdalle riittävän suuri, helposti irrotettava luukku. Tai helposti purettavaa sekä takaisin asennettavaa alakattoa. Pääte- elimienkin puhdistusmahdollisuudessa on kovasti eroja, toiset on paljon helpompi irrottaa ja puhdistaa kuin toiset. Kaikissa tiloissa pääte-elimien paikkaankin voisi kiinnittää huomiota, eli ei ihan sei- nään kiinni, koska juuri sinne asennetaan yleensä aina kaappi! Riit- tävän suurta kanavaa, sekä pääte-elimet, ettei harjat ole aina jumis- sa, sekä ettei ilmavirran nopeus aiheuta turhaa meteliä. Muutenkin toimiva ja järkevä järjestelmä, ei mitään ylimääräisiä säätöpeltejä, pääte-elimä, mutkia ja käyriä, ne vain lisää painehäviötä. Ja tär- kein: tarpeeksi tehokas kone, jotta vaaditut ilmavirtojen arvot saa- daan huudattamatta konetta täydellä teholla! Se vain lisää ääntä ja lyhentää koneen ikää.

Taulukko 10. Mitä muita asioita puhdistustyön ohjeistuksessa tulisi tuoda esille?

Henkilö (yritys)	Henkilön antama vastaus kysymykseen
Aaro Seppälä (ASTQ)	Vastuunjaot, organisointi, riskikartoitus, yleistä sairaalahygieniasta, mikrobiologiset riskitekijät, fysikaaliset, suojautumisen/suojaaminen, tiedottaminen sairaalan henkilökunnalle, parhaan käytännön menetelmät, alipaineistajien mitoitus; suodatustekniikka, H-luokan imurit (imuroinnin käsikirja: http://www.astq.composer.fi/images/esite/imuroinnin_kasikirja.pdf).
Antero Heinonen (Ukon-Ilma Oy)	Yleiset pelisäännöt on sovittava osastonhoitajan kanssa. Puhdistustyössä ei saa olla kiire. Pyritään tekemään niin hyvää työtä kuin mahdollista. Puhdistuslaitteiden huoltoon täytyy sairaalasta löytyä tilat. Erityisen puhtaiden tilojen puhdistus (alipaineistajan sijoitus).
Ilpo Kulmala (VTT)	Puhdistuksessa käytettävän laitteiston poistoilman tehokas suodatus, etteivät kanavistosta imetyt epäpuhtaudet leviä ympäristöön, varoitukset terävistä kanaviston osista, jotka saattavat aiheuttaa tulehtuneita haavoja pöpojen myötä.
Jari Aaltonen (Are Oy)	Ilmamäärien mittaus- ja säätötyöt liitettävä puhdistuksen yhteyteen. Henkilökuorma päällä aina hidastaa hommaa ja tuo lisäkustannuksia. Pitäisi pyrkiä siihen, että puhdistettavat alueet mahdollisimman tyhjiä. Koko koneen vaikutusalue syytä päästä puhdistamaan kerralla.
Jarmo Laamanen (VTT)	Olen pohtinut sitä, että kun käytetään kanava-alipaineistajaa HEPA-suodattimella ja puhalletaan puhdistettu ilma takaisin vuoneilmaan niin onko tämä riski ja tehdäänkö tätä vielä yleisesti? Ainakin sairaalamaailmassa pitäisi mielestäni suodatettu ilma puhalttaa aina tiiviin sovituskappaleen kautta ulkoilmaan. Painesuhteita ja mahdollisia takaisinvirtauksia olisi syytä mitata puhdistustyön aikana.
Jouko Ryynänen (PKSSK)	Puhdistustyön ajaksi potilasosasto ja henkilökunta evakkoon, tällöin työn suoritus tapahtuu tehokkaasti, ja potilasturvallisuus ei vaarannu. Vuosia kiinni olleita alakattoja ei onnistuta avaamaan niin, etteikö huonetilaan leviäisi pölyä. Toisekseen ripustetun alakaton avaamisessa voi käydä joskus niin, kuten meillä kävi, että katto tipahti alas hieman laajemmalla alueella, onneksi kukaan ei jäänyt alle.
Juhani Laine (VTT)	Puhdistussuunnitelman teko (ja luonnostaan likaantumisen estämisen suunnittelu) pitäisi olla yksi talotekniikan suunnittelun osa-alue sairaalasuunnittelussa. Vaaditaan yhteistyötä sairaalan siivoussuunnittelun kanssa. Ilmanvaihtojärjestelmien hajauttaminen helpottaa puhdistustyön aikaista sairaalan toimintaa. Suurien keskitettyjen ilmanvaihtojärjestelmien käytöstä pitäisikin luopua ja siirtää hajautettujen järjestelmien käyttöön. Samalla pystyttäisiin parantamaan sairaaloiden energiatehokkuutta, järjestelmien toimivuutta ja vähentämään koneellisen jäähdytyksen tarvetta.
Kalevi Pyysalo (Helsingin kaupunki)	Ohjeistus tulisi tehdä potilasosaston ehdoilla ja hieman samalla ajatuksella kuin itse iv-suunnitelukin. Puhdistustyö on kuitenkin laitteiston normaalia huoltamista ja kun ihmisiä ei voida kotiinkaan laittaa, on puhdistuksen mukauduttava päivärutiiniin kuten esim. jätahuolto tai iltateen jakelu.
Martti Airasvaara (Savon Ammatti- ja Aikuisopisto)	Puhdistustyössä tarvitsee huomioida puhdistuksen aikainen tilankäyttö ja -käyttäjät, heidän informointi ja työn aikatauluttaminen, sekä puhdistustyön laadunvarmennus ja lopputarkastusmenetelmät. Lisäksi tulisikin työnsuorittajilta vaatia alan pätevyys ja laatusertifiointi/takuu tehdyille työille.
Sami Aalto (Ilmastointi ja nuohous Petri Valve Oy)	Työn huolellinen suunnittelu on tärkeää, koska kyseessä on sairaala. On mentävä pienimmän haitan periaatteella, eli katsottava että käyttäjälle ei aiheutuisi kohtuutonta haittaa puhdistustyöhön käytetystä ajasta tinkimättä kuitenkaan puhdistuksen lopputuloksesta.
Stig Fagerholm (HUS-Kiinteistöt)	Yrityksellä ja työntekijällä pitäisi olla riittävä ja todettavissa oleva pätevyys työn tekemiseen. Kustannusten säästämiseksi olisi puhdistustyö tehtävä ilman potilaskuormaa. Jälkisiivous olisi ohjeistettava.
Tomi Pötry (Suomen Ilmastointi ja Savunpoisto Oy)	Ohjeistukseen en ainakaan äkkiseltään osaa muuta sanoa. Mutta yleensäkin missä tahansa onkin puhdistamassa, niin vuorovaikutus asiakkaan kanssa on erittäin tärkeää, pitää käyttää aikaa, kertoa työmenetelmistä, työjärjestyksestä, jutella asiakkaan kanssa, näin työ sujuu paljon helpommin, sekä säästyy monelta pahalta katseelta!

Liite 12: Yhteenveto ilmavirtamittauksista sairaalassa A

Sairaalan A vuodeosaston ilmanvaihtosuunnitelmat oli tehty vuonna 1982 ja ilmanvaihtojärjestelmien asennustyöt vuonna 1983. Tällöin olivat voimassa vuonna 1978 voimaan tulleen Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D2 määräykset ja ohjeet. Potilashuoneiden ulkoilmavirtojen ohjearvo oli tuolloin $1,4 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$.

Potilashuoneiden tuloilmavirtojen suunnitteluarvojen summa oli $548 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja poistoilmavirtojen summa $499 \text{ dm}^3/\text{s}$. Potilashuoneista mitattujen tuloilmavirtojen summa oli (ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella) ennen puhdistusta $476 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $570 \text{ dm}^3/\text{s}$. Vastaavasti poistoilmavirtojen summa oli ennen puhdistusta $405 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $484 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen mitatut potilashuoneiden tuloilmavirrat olivat ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella keskimäärin 25 % ($142 \text{ dm}^3/\text{s}$) ja poistoilmavirrat 58 % ($279 \text{ dm}^3/\text{s}$) ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella mitatuista ilmavirroista. Ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella potilashuoneiden keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat noin -74 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -94--43 %) ja poistoilmavirrat -44 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -79--6 %) ilmavirtojen suunnitteluarvoista. Ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella potilashuoneiden keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat noin 4 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -26--59 %) ja poistoilmavirrat -3 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -38--65 %) ilmavirtojen suunnitteluarvoista.

Taulukossa 1 on esitetty mitattujen tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimi-arvot) 1. krs vuodeosaston potilashuoneissa 1–10. Tulo- ja poistoilmavirrat tasapainotettiin puhdistustyön jälkeen ennen ilmavirtamittauksia.

Taulukko 1. Tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimi- ja saaraalan A vuodeosaston potilashuoneissa 1–10 (yksikössä [dm^3/s], [dm^3/sm^2], [$\text{dm}^3/\text{s,hlö}$] ja [$1/\text{h}$]) ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen ilmanvaihtokoneiden 1/2- ja 1/1-pyörimisnopeudella.

Ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeus [ilmavirran yksikkö]	Ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta		Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen ja tasapainotuksen jälkeen	
	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta ¹⁾
1/2-nopeus (klo 21-07)				
[dm^3/s]	–	–	14 (3–39)	28 (17–38)
[dm^3/sm^2]	–	–	0,4 (0,1–0,9)	1,1 (0,6–4,0)
[$\text{dm}^3/\text{s,hlö}$]	–	–	4 (1–10)	13 (7–17)
[$1/\text{h}$]	–	–	0,5 (0,1–0,9)	1,3 (0,7–4,2)
1/1-nopeus (klo 07-21)				
[dm^3/s]	53 (16–106)	41 (6–60)	57 (23–110) [55 (27–69)] ²⁾	48 (21–62) [50 (27–69)] ²⁾
[dm^3/sm^2]	1,7 (0,8–3,6)	1,3 (0,3–2,0)	2,0 (1,2–5,1) [2,0 (1,4–6,0)]	1,8 (1,1–5,3) [2,0 (1,2–7,1)]
[$\text{dm}^3/\text{s,hlö}$]	15 (8–27)	13 (3–23)	18 (12–28)	16 (11–25)
[$1/\text{h}$]	1,8 (0,9–3,8)	1,4 (0,3–2,4)	2,2 (1,3–5,4)	2,0 (1,1–5,6)

¹⁾ potilashuoneen ja wc-tilan yhteenlaskettu poistoilmavirta

²⁾ ilmanvaihtopiirustuksissa esitettyjen ilmavirtojen keskiarvo (minimi- ja maksimi-arvo)

Taulukossa 2 esitetyissä neljässä huonetilassa (osastonhoitajan, henkilökunnan, kanslian ja toimenpidehuoneen) tulo- ja poistoilmavirtojen suunnitteluarvojen summa oli $231 \text{ dm}^3/\text{s}$. Huonetiloista mitattujen tuloilmavirtojen summa oli (ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella) ennen puhdistusta $84 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $129 \text{ dm}^3/\text{s}$. Poistoilmavirtojen summa oli ennen puhdistusta $169 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $190 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen mitatut tuloilmavirrat olivat ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella keskimäärin 47 % ($60 \text{ dm}^3/\text{s}$) ja poistoilmavirrat 26 % ($49 \text{ dm}^3/\text{s}$) ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella mitatuista ilmavirroista. Ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella huonetilojen keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista noin -74 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -79–-64 %) ja poistoilmavirrat -79 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -87–81 %). Ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella huonetilojen keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista noin -44 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -70–-19 %) ja poistoilmavirrat -18 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -29–4 %). Tulo- ja poistoilmavirrat tasapainotettiin puhdistustyön jälkeen ennen ilmavirtamittauksia.

Taulukko 2. Tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimi- arvot) sairaalan A vuodeosaston osastonhoitajan, henkilökunnan, kanslian ja toimenpidehuonetiloissa (yksikössä [dm³/s], [dm³/sm²], [dm³/s,hlö] ja [1/h]) ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen ilmanvaihtokoneiden 1/2- ja 1/1-pyörimisnopeudella.

Ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeus [ilmavirran yksikkö]	Ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta		Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuk- sen ja tasapainotuksen jälkeen	
	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta
1/2-nopeus (klo 21-07)				
[dm ³ /s]	–	–	15 (9–25)	12 (4–28)
[dm ³ /sm ²]	–	–	0,8 (0,4–1,3)	0,6 (0,3–1,4)
[dm ³ /s,hlö]	–	–	6 (3–9) ¹⁾	4 (2–7) ¹⁾
[1/h]	–	–	0,8 (0,4–1,3)	0,7 (0,3–1,5)
1/1-nopeus (klo 07-21)				
[dm ³ /s]	21 (12–31)	42 (19–70)	32 (18–70) [58 (25–86)] ²⁾	48 (26–70) [58 (25–86)] ²⁾
[dm ³ /sm ²]	1,1 (0,7–1,6)	2,2 (1,2–3,5)	1,7 (0,7–3,5) [2,9 (1,9–4,3)]	2,4 (1,6–3,5) [2,7 (1,9–3,7)]
[dm ³ /s,hlö]	9 (5–12) ¹⁾	17 (8–24) ¹⁾	13 (5–20) ¹⁾	20 (11–26) ¹⁾
[1/h]	1,1 (0,8–1,6)	2,3 (1,3–3,7)	1,8 (0,7–3,7)	2,6 (1,7–3,7)

¹⁾ osaston kanslian henkilömäärän on oletettu olevan neljä henkilöä (käytännössä kanslian henkilömäärä vaihteli ajallisesti 0–10 henkilön välillä)

²⁾ ilmanvaihtopiirustuksissa esitettyjen ilmavirtojen keskiarvo (minimi- ja maksimi-arvo)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 on esitetty ohjearvoja eräille sairaaloiden tiloille kuten odotus- ja potilashuoneille. Ilmavirrat saavat poiketa suunnitteluarvoista järjestelmäkohtaisesti korkeintaan ± 10 % ja tilakohtaisesti ± 20 %. Ilmavirtamittausten yhteydessä tulee tarkastaa, että huonetilojen paine-erot ovat tarkoituksen mukaiset (SFS 5512). Ulkoilmavirtojen ohjearvot ovat muuttuneet rakentamismääräyksiä päivitettäessä. Taulukossa 3. on esitetty eri aikakausina tehdyille ilmanvaihtosuunnitelmille voimassa olleita ulkoilmavirtojen ohjearvoja.

Taulukko 3. Ulkoilmavirtojen ohjearvot eri vuosikymmenten aikana: LVI-laitteiden suunnittelun normaaliohjeet (1955 ja 1966) ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 (1978–2010).

Tilan käyttötarkoitus [ilmavirran yksikkö]	Normaaliohjeet 1955	Normaaliohjeet 1966	RakMK D2 1978	RakMK D2 1987	RakMK D2 2003 ja 2010
Sairaalan potilashuone					
[dm ³ /sm ²]	–	–	1,4	1,2	1,5
[dm ³ /s,hlö]	11 ¹⁾ –17 ²⁾	11 ¹⁾ –17 ²⁾	–	–	10
Pitkäaikaispotilaiden hoitotilat					
[dm ³ /sm ²]	–	–	–	–	2
Odotushuone					
[dm ³ /sm ²]	2,8	4	2,5	3	3
[dm ³ /s,hlö]	–	8	–	–	–
Käytävä					
[dm ³ /sm ²]	–	–	–	–	0,5

¹⁾ useamman potilaan huone

²⁾ yhden potilaan huone

Liite 13: Yhteenvedo ilmavirtamittauksista sairaalassa B

Sairaalan B vuodeosaston ilmanvaihtopiirustukset oli päivätty 10.1.1994, jolloin olivat voimassa vuonna 1987 voimaan tulleen Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D2 määräykset ja ohjeet. Potilashuoneiden ulkoilmavirtojen ohjearvo oli tuolloin $1,2 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$.

Potilashuoneiden tuloilmavirtojen suunnitteluarvojen summa oli (ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella) $350 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja poistoilmavirtojen summa $468 \text{ dm}^3/\text{s}$. Potilashuoneista mitattujen tuloilmavirtojen summa oli (ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella) ennen puhdistusta $310 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $316 \text{ dm}^3/\text{s}$. Vastaavasti poistoilmavirtojen summa oli ennen puhdistusta $468 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $422 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen mitatut potilashuoneiden tuloilmavirrat olivat ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella keskimäärin 44 % ($139 \text{ dm}^3/\text{s}$) ja poistoilmavirrat 48 % ($204 \text{ dm}^3/\text{s}$) ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella mitatuista ilmavirroista. Ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella potilashuonetilojen keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat noin -60 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -72-0 %) ja poistoilmavirrat -43 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -8--20 %) ilmavirtojen suunnitteluarvoista. Ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella potilashuonetilojen keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat noin -11 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -28-70 %) ja poistoilmavirrat 32 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -40-135 %) ilmavirtojen suunnitteluarvoista.

Taulukossa 1 on esitetty mitattujen tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimi-arvot) Naistentautien osaston potilashuoneissa 1–12. Tulo- ja poistoilmavirtoja ei tasapainotettu puhdistustyön jälkeen.

Taulukko 1. Tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimi-arvot) sairaalan B vuodeosaston potilashuoneissa 1–12 (yksikössä [dm^3/s], [dm^3/sm^2], [$\text{dm}^3/\text{s}, \text{hlö}$] ja [$1/\text{h}$]) ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen ilmanvaihtokoneiden 1/2- ja 1/1-pyörimisnopeudella.

Ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeus [ilmavirran yksikkö]	Ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta		Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen	
	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta ¹⁾
1/2-nopeus (klo 22-06)				
[dm^3/s]	–	–	10 (6–27)	16 (8–22)
[dm^3/sm^2]	–	–	0,8 (0,4–2,2)	1,0 (0,5–2,5)
[$\text{dm}^3/\text{s}, \text{hlö}$]	–	–	6 (4–16)	9 (5–21)
[$1/\text{h}$]	–	–	0,9 (0,6–2,4)	1,4 (0,7–3,2)
1/1-nopeus (klo 06-22)				
[dm^3/s]	22 (15–51)	36 (21–83)	23 (16–57) [25 (10–50)] ²⁾	32 (20–46) [27 (25–50)] ²⁾
[dm^3/sm^2]	1,6 (1,1–3,6)	2,2 (1,2–5,0)	1,7 (1,1–3,9) [1,7 (1,3–3,5)]	2,0 (1,1–4,5) [1,6 (1,2–3,5)]
[$\text{dm}^3/\text{s}, \text{hlö}$]	13 (9–31)	19 (12–42)	13 (9–33)	17 (12–38)
[$1/\text{h}$]	2,0 (1,5–4,7)	3,0 (1,7–7,1)	2,1 (1,6–5,0)	2,7 (1,7–5,7)

¹⁾ potilashuoneen ja wc-tilan yhteenlaskettu poistoilmavirta

²⁾ ilmanvaihtopiirustuksissa esitettyjen ilmavirtojen keskiarvo (minimi- ja maksimi-arvo)

Taulukossa 2 esitetyissä neljässä huonetilassa (osaston sihteerin, henkilökunnan, lääkkeenjaon ja tutkimushuoneen) tuloilmavirtojen suunnittelu- arvojen summa oli (ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella) $135 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja poistoilmavirtojen summa $120 \text{ dm}^3/\text{s}$. Huonetiloista mitattujen tuloilmavirtojen summa oli (ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella) ennen puhdistusta $121 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $96 \text{ dm}^3/\text{s}$. Poistoilmavirtojen summa oli ennen puhdistusta $145 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $117 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen mitatut huonetilojen tuloilmavirrat olivat ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella keskimäärin 39 % ($37 \text{ dm}^3/\text{s}$) ja poistoilmavirrat 51 % ($60 \text{ dm}^3/\text{s}$) ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella mitatuista ilmavirroista. Ilmanvaihtokoneiden 1/2-pyörimisnopeudella huonetilojen (taulukko 2) keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista noin -73 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -76–65 %) ja poistoilmavirrat -50 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -64–20 %). Ilmanvaihtokoneiden 1/1-pyörimisnopeudella huonetilojen keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista noin -29 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -50–15 %) ja poistoilmavirrat -3 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -46–140 %). Tulo- ja poistoilmavirtoja ei tasepainotettu puhdistustyön jälkeen.

Taulukko 2. Tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimiarvot) sairaalan B vuodeosaston sihteerin, henkilökunnan, lääkkeenjaon ja tutkimushuone-tiloissa (yksikössä $[dm^3/s]$, $[dm^3/sm^2]$, $[dm^3/s, hlö]$ ja $[1/h]$) ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen ilmanvaihtokoneiden 1/2- ja 1/1-pyörimisnopeudella.

Ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeus [ilmavirran yksikkö]	Ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta		Ilmanvaihtojärjestelmien puhdis- tuksen jälkeen	
	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta
1/2-nopeus (klo 22-06)				
$[dm^3/s]$	–	–	9 (5–13)	15 (8–18)
$[dm^3/sm^2]$	–	–	0,6 (0,4–0,9)	1,0 (0,5–1,3)
$[dm^3/s, hlö]$	–	–	4 (3–6) ¹⁾	7 (4–9) ¹⁾
$[1/h]$	–	–	0,9 (0,5–1,2)	1,4 (0,7–1,9)
1/1-nopeus (klo 06-22)				
$[dm^3/s]$	30 (15–44)	36 (21–56)	24 (10–35) [34 (20–50)] ²⁾	29 (21–36) [30 (15–50)] ²⁾
$[dm^3/sm^2]$	2,0 (1,1–2,8)	2,4 (1,4–3,5)	1,6 (0,7–2,3) [2,2 (1,3–3,1)]	2,0 (1,4–2,6) [2,0 (1,1–3,1)]
$[dm^3/s, hlö]$	13 (8–22) ¹⁾	16 (8–28) ¹⁾	10 (5–17) ¹⁾	13 (8–18) ¹⁾
$[1/h]$	2,8 (1,6–3,8)	3,4 (1,9–4,8)	2,2 (1,1–3,2)	2,8 (1,9–3,9)

¹⁾ osaston kanslian henkilömäärän on oletettu olevan neljä henkilöä (käytännössä kanslian henkilömäärä vaihteli ajallisesti 0–10 henkilön välillä)

²⁾ ilmanvaihtopiirustuksissa esitettyjen ilmavirtojen keskiarvo (minimi- ja maksimiarvo)

Liite 14: Yhteenvedo ilmavirtamittauksista sairaalassa C

Sairaalan C vuodeosaston ilmanvaihtosuunnitelmat ja asennustyöt olivat tehty vuosien 1983–1984 aikana, jolloin olivat voimassa vuonna 1978 voimaan tulleen Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D2 määräykset ja ohjeet. Potilashuoneiden ulkoilmavirtojen ohjearvo oli tuolloin $1,4 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$.

Potilashuoneiden tuloilmavirtojen suunnitteluarvojen summa oli $270 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja poistoilmavirtojen summa $297 \text{ dm}^3/\text{s}$. Potilashuoneista mitattujen tuloilmavirtojen summa ennen puhdistusta oli $273 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $247 \text{ dm}^3/\text{s}$. Vastaavasti poistoilmavirtojen summa oli ennen puhdistusta $325 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja puhdistuksen jälkeen $340 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen mitatut potilashuoneiden keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat ilmanvaihtokoneiden käytön aikaisella pyörimisnopeudella (ohjattu taajuusmuuntimilla) noin -9 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -60–213 %) ja poistoilmavirrat 14 % (poikkeama yksittäisissä potilashuoneissa -70–61 %) ilmavirtojen suunnitteluarvoista.

Taulukossa 1 on esitetty mitattujen tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimi-arvot) osaston potilashuoneissa 1–9. Tulo- ja poistoilmavirtoja ei tasapainotettu puhdistustyön jälkeen.

Taulukko 1. Tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimi-arvot) sairaalan C vuodeosaston potilashuoneissa 1–9 (yksikössä $[\text{dm}^3/\text{s}]$, $[\text{dm}^3/\text{sm}^2]$, $[\text{dm}^3/\text{s}, \text{hlö}]$ ja $[1/\text{h}]$) ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen.

Ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeus [ilmavirran yksikkö]	Ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta		Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen	
	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta
1/1-nopeus (klo 00–24)				
$[\text{dm}^3/\text{s}]$	30 (13–94)	36 (10–50)	27 (12–88) [30 (30–30)] ¹⁾	38 (18–53) [33 (33–33)] ¹⁾
$[\text{dm}^3/\text{sm}^2]$	2,1 (0,9–6,5)	2,5 (0,7–3,4)	1,9 (0,8–6,1) [2,1 (2,1–2,1)]	2,6 (1,2–3,7) [2,3 (2,3–2,3)]
$[\text{dm}^3/\text{s}, \text{hlö}]$	15 (7–47)	18 (5–25)	14 (6–44)	19 (9–27)
$[1/\text{h}]$	2,5 (1,1–7,8)	3,0 (0,8–4,1)	2,3 (1,0–7,3)	3,1 (1,5–4,4)

¹⁾ ilmanvaihtopiirustuksissa esitettyjen ilmavirtojen keskiarvo (minimi- ja maksimi-arvo)

Taulukossa 2 esitetyissä kuudessa huonetilassa (osastonhoitajan, henkilökunnan, osaston kanslioiden, vastaanottohuoneen ja lääkkeenjaon huonetilassa) tuloilmavirtojen suunnitteluarvojen summa oli 306 dm³/s ja poistoilmavirtojen summa 304 dm³/s. Huonetiloista mitattujen tuloilmavirtojen summa oli ennen puhdistusta 155 dm³/s ja puhdistuksen jälkeen 86 dm³/s. Poistoilmavirtojen summa oli ennen puhdistusta 241 dm³/s ja puhdistuksen jälkeen 200 dm³/s.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen jälkeen mitatut huonetilojen (taulukko 2) keskimääräiset tuloilmavirrat poikkesivat suunnitteluarvoista noin -72 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -85--32 %) ja poistoilmavirrat -34 % (poikkeama yksittäisissä huonetiloissa -75--160 %). Tulo- ja poistoilmavirtoja ei tasapainotettu puhdistustyön jälkeen.

Taulukko 2. Tulo- ja poistoilmavirtojen keskiarvot (minimi- ja maksimi-arvot) sairaalan C vuodeosaston osastonhoitajan, henkilökunnan, osaston kanslioiden, vastaanottohuoneen ja lääkkeenjaon huonetiloissa (yksikössä [dm³/s], [dm³/sm²], [dm³/s,hlö] ja [1/h]) ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen.

Ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeus [ilmavirran yksikkö]	Ennen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta		Ilmanvaihtojärjestelmien puhdis- tuksen jälkeen	
	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta
1/1-nopeus (klo 00-24)				
[dm ³ /s]	26 (7–41)	40 (16–64)	14 (3–21) [51 (15–85)] ¹⁾	33 (15–65) [51 (10–85)] ¹⁾
[dm ³ /sm ²]	2,2 (0,6–3,6)	3,4 (1,6–5,3)	1,2 (0,3–1,8) [4,4 (1,4–7,1)]	2,8 (1,3–5,4) [4,4 (0,9–7,1)]
[dm ³ /s,hlö]	9 (2–14) ²⁾	15 (7–32) ²⁾	5 (1–9) ²⁾	14 (4–33) ²⁾
[1/h]	2,8 (0,8–4,5)	4,2 (2,0–6,9)	1,6 (0,3–2,3)	3,4 (1,7–6,5)

¹⁾ ilmanvaihtopiirustuksissa esitettyjen ilmavirtojen keskiarvo (minimi- ja maksimi-arvo)

²⁾ osaston kanslian henkilömäärän on oletettu olevan neljä henkilöä (käytännössä kanslian henkilömäärä vaihteli ajallisesti 0–10 henkilön välillä)

Liite 15: SAI KAPU-hankkeen julkaisut

Kansainväliset konferenssijulkaisut

Asikainen V, Holopainen R, Pasanen P: Dust accumulation on ventilation systems in four Finnish buildings. Clima 2010 Rehva World Congress, 9–12 May, Antalya, Turkey 2010. Paper R8-TS32-PP05 published on CD-ROM.

Korhonen PA, Lappalainen S, Salmi K, Asikainen V, Pasanen P, Holopainen R, Reijula K: Microbial flora in ventilation systems of two hospitals. 54th Work Environment Meeting (Nordiska Arbetsmiljömötet), Hanaaari, Espoo 2009. pp. 89.

Pasanen P, Holopainen R, Salmi S, Asikainen V: The effects of air duct cleaning on particle concentration in hospitals. Clima 2010 Rehva World Congress, 9–12 May, Antalya, Turkey 2010. Paper R7-TS39-OP01 published on CD-ROM.

Kotimaiset seminaariesitykset

Asikainen V, Holopainen R, Pasanen P: Ilmanvaihtojärjestelmien kunto ja likakertymät neljässä kiinteistössä. Sisäilmastoseminaari, Espoo 2010, s. 251–256. Seminaariesitelmä on luettavissa sisäilmayhdistyksen [www-sivulta](http://www.sivulta)

http://www.sisailmayhdistys.fi/files/attachments/seminaari2010/vesa_a_sikainen-2_170310.pdf (4.4.2010).

Holopainen R, Salmi K, Pasanen P, Asikainen V, Hintikka E-L, Kähkönen E, Kekäläinen P, Kakko L, Niemelä R, Reijula K: Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistaminen sairaaloiden vuodeosastoilla. Sisäilmastoseminaari, Espoo 2010, s. 257–262. Seminaariesitelmä on luettavissa sisäilmayhdistyksen [www-sivulta](http://www.sivulta)

http://www.sisailmayhdistys.fi/files/attachments/seminaari2010/rauno_holopainen_170310.pdf (4.4.2010).

Kakko L, Holopainen R, Asikainen V, Reijula K: Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen vaikutus pintojen likaantumiseen sairaaloiden potilasosastoilla. Sisäilmastoseminaari, Espoo 2010, s. 245–250. Seminaariesitelmä on luettavissa sisäilmayhdistyksen [www-sivulta](http://www.sivulta)

http://www.sisailmayhdistys.fi/files/attachments/seminaari2010/leila_kakko_170310.pdf (4.4.2010).

Kekäläinen P, Lappalainen S, Hellgren U-M, Salmi K, Asikainen V, Pasanen P, Holopainen R, Reijula K: Mikrobiselvityksiä sairaaloiden ilmanvaihtokanavistojen puhdistuksen yhteydessä. Sisäilmastoseminaari, Espoo 2010, s. 263–267. Seminaariesitelmä on luettavissa sisäilmayhdistyksen [www-sivulta](http://www.sivulta)

http://www.sisailmayhdistys.fi/files/attachments/seminaari2010/pirjo_kekalainen_170310.pdf (24.5.2010).

Muut esitelmät

Holopainen R: Sairaalarakennusten ilmanvaihtojärjestelmien puhdistamisen haasteet. Esitelmä Terveellinen ja turvallinen sairaalarakennus

työympäristönä -kurssilla 23.4.2009. Helsinki 2009.

Holopainen R: Ilmanvaihtokanavistojen puhdistaminen sairaaloissa. Esi-
telmä Suomen Työhygienian Seuran 35-vuotisjuhlakoulutuspäivillä 9.–
10.2.2010. Helsinki 2010.

Pasanen P: Sairaaloiden sisäilmasto ja ilmanvaihto – eristystilojen käy-
tännön vaatimukset ja tekninen toteutus – sairaaloiden ilmakehien
puhtaus ja puhdistus. Sairaalatekniikan päivät Oulussa 3.–4.2.2010. Esi-
telmä on luettavissa Suomen sairaalatekniikan yhdistyksen www-sivulta
<http://www.ssty.fi/OULU/Luennot/Pasanen.pdf> (6.4.2010).

Salmi K, Hintikka E-L, Holopainen R: Jäähdytyspalkkimittaukset sairaa-
lassa D. Palautetilaisuus 12.11.2009.

Muut julkaisut

Asikainen V: Ilmanvaihtokoneiden ja ilmanvaihtokanaviston puhtauden
ja toiminnan tarkastus ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen sai-
raalassa A. Hankkeen sisäinen tutkimusraportti. Itä-Suomen yliopisto.
Ympäristötieteen laitos. Kuopio 2010.

Asikainen V: Ilmanvaihtokoneiden ja ilmanvaihtokanaviston puhtauden
ja toiminnan tarkastus ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen sai-
raalassa B. Hankkeen sisäinen tutkimusraportti. Itä-Suomen yliopisto.
Ympäristötieteen laitos. Kuopio 2010.

Asikainen V: Ilmanvaihtokoneiden ja ilmanvaihtokanaviston puhtauden
ja toiminnan tarkastus ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen sai-
raalassa C. Hankkeen sisäinen tutkimusraportti. Itä-Suomen yliopisto.
Ympäristötieteen laitos. Kuopio 2010.

Holopainen R: Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistaminen sairaaloissa vaa-
tii huolellisuutta ja riittävää tiedottamista. Terveys ja talouslehti 8
(2009), s. 14–17.

Holopainen R, Salmi K, Hintikka E-L, Kähkönen E, Pasanen P, Kakko L,
Reijula K: Sairaaloiden IV-järjestelmien puhdistaminen, SAIKAPU-hanke.
Talotekniikka 2 (2010), s. 39–41. Koko artikkeli on luettavissa Talotek-
niikka-lehden www-sivulta [http://www.talotekniikka-
lehti.fi/www/fi/pdf/Holopainen_Rauno.pdf](http://www.talotekniikka-lehti.fi/www/fi/pdf/Holopainen_Rauno.pdf) (8.4.2010).

Holopainen R: Ilmanvaihtojärjestelmät puhtaiksi ja ilmavirrat tasapai-
noon. Sairaaloihin turvallinen sisäilmasto. Kuntatekniikka 3 (2010), s.
18–21.

Lausjärvi M: Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus sairaaloiden vuodeosas-
toilla. Marjatta Lausjärven kokooma artikkeli Rauno Holopaisen lähettä-
mästä käsikirjoituksesta Puhtaustieto-lehteen. Puhtaustieto -lehti 2
(2010), s. 18–23.

Salmi K, Holopainen R, Kähkönen E, Reijula K: Ilmanvaihdon riittävyys
sairaaloiden vuodeosastoilla. Talotekniikka 2 (2010), s. 41. Koko artik-
keli on luettavissa Talotekniikka-lehden www-sivulta
http://www.talotekniikka-lehti.fi/www/fi/pdf/Salmi_Kari.pdf (8.4.2010).

Työympäristötutkimuksen raporttisarjassa ilmestyneet

1. Hongisto V, Helenius R, Lindgren M: Kaksinkertaisen seinärakenteen ääneneristävyys – laboratoriotutkimus. Työterveyslaitos, Helsinki 2002.
2. Hongisto V: Monikerroksisen seinärakenteen ilmaääneneristävyysennustemalli. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.
3. Työhygienian koulutuspäivät 2003. (Imatra 20.–21.5.2003.) Työterveyslaitos 2003.
4. Kaarlela A, Jokitulppo J, Keskinen E, Hongisto V: Toimistojen ääniympäristökysely – menetelmän kehitys. Työterveyslaitos 2003.
5. 6th European Seminar on Personal Equipment Seminar Report. Ed. Eero Korhonen. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.
6. Petra Larm, Jukka Keränen, Valtteri Hongisto: Avotoimistojen akustiikka. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
7. Työhygienian koulutuspäivät 2004. (Helsinki 25.–26.5.2004.) Toim. Mirja Kiilunen. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
8. Valkeapää A, Anttonen H, Niskanen J: Liike- ja palvelurakennuksien tuulikaappien vedontorjunta. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
9. Kaarlela A, Jokitulppo J, Helenius R, Keskinen E, Hongisto V: Meluhaitat toimistotyössä – pilottitutkimus. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
10. Toppila E, Laitinen H, Starck J, Pyykkö I: Klassinen musiikki ja kuulonsuojelu. (Myös pdf-versio.) Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
11. Hirvonen A, Kiilunen M, Valkonen S: Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2003. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
12. Heikkilä P, Saalo A, Soosaar A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset 1994–2003. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.
13. Työhygienian koulutuspäivät 2005. (Tampere 15.–16.6.2005.) Toim. Starck J ja Laitinen R. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.
14. Maila Hietanen, Patrick von Nandelstadh, Tommi Alanko: Sähkömagneettiset kentät työympäristössä. Opaskirja työntekijöiden altistumisen arvioimiseksi. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.
15. Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2004. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.
16. Elo A-R, Korhonen E, Starck J (Eds.): 7th European Seminar on Personal Protective Equipment. Seminar report. (Work Environment Research Report Series nro 16.) Työterveyslaitos, Helsinki 2005. (Saatavilla myös pdf-verkkoversio www.sivuilla.fi.)
17. Puuntyöstöpölyn hallinnan kehittäminen (FineWood). Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos, Fysiikan osasto ja VTT Tuotteet ja tuotanto. Työterveyslaitos, Lappeenranta 2005.

18. Hautalampi T, Henriks-Eckerman M-L, Engström K, Koskela H, Saarinen P & Välimaa J: Kemikaalialtistumisen rajoittaminen automaalamoissa. Työterveyslaitos, Turku 2006.
19. Alanko T, Hietanen M, von Nandelstadh P: Työntekijöiden altistuminen tukiasemien radiotaajuisille kentille. Työterveyslaitos, Helsinki 2006.
20. Niemelä R: Virtual 4D. Loppuraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2006.
21. Valkonen S: Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2005. Työterveyslaitos, Helsinki 2006.
22. Larm P, Hakala J, Hongisto V: Sound insulation of Finnish building boards. (Work Environment Research Report Series 22.) Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, Finland 2006.
23. Hongisto V, Keränen J, Larm P, Oliva D: Työtilan ääniympäristön havainnollistaminen, Virtual Space 4D ääniympäristöosion loppuraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2006.
24. Liesivuori J, Naumanen P, Aromaa E, Pääkkönen R, Starck J, Kauppinen T, Savolainen K: Muuttuva työympäristö – visio vuoteen 2015. Työterveyslaitos, Helsinki 2006. (Myös nettiversio.)
25. Aitio A, Hakala E, Kiilunen M, Laitinen J, Mikkola J ja Valkonen S: Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2006. Työterveyslaitos, Helsinki 2007.
26. Romppanen V, Sulander J: Hyvintointi koulutyössä ja opiskelussa. Työterveyslaitos, Helsinki 2007.
27. Mäki Susanna (Ed.): 8th European seminar on Personal Protective Equipment. 27-29.3.2007 in Saariselkä, Lapland, Finland. (Myös pdf.)
28. Liesivuori J, Naumanen P: Visioita alueellisen työhyvinvoinnin ja työterveyden edistämisestä. Työterveyslaitos, Helsinki 2007.
29. Nurminen M, Norppa H: Metallisen kromin ja kolmiarvoisten kromiyhdisteiden ammatillinen syöpävaara. Työterveyslaitos, Helsinki 2008.
30. Räikkönen T: Työelämä murtuvan aallon harjalla – mitä on tapahtumassa työhyvinvoinnin edellytyksille?, Helsinki 2008 (+nettiversio)
31. Kasvio A, Nikkilä R, Moilanen L, Virtanen S: Työ murroksessa -kyselyn aineistoraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2008. (Myös pdf.)
32. Ahonen Ilpo & Liukkonen Tuula: Pellettivarastojen ilman epäpuhtaudet ja niiden aiheuttamien vaarojen ehkäiseminen. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 32. Työterveyslaitos, Helsinki 2008. (Myös PDF-versio.)
33. Janhonen Minna, Laitinen Heikki, 3T-ratkaisut Oy: Pienyritysten kehittämishanke Mäntsälässä -hankearviointi. Työterveyslaitos, Helsinki 2008.
34. Alanko Tommi, Tolvanen Tuomas, Hietanen Maila: Mastotyöntekijöiden altistuminen radiotaajuuskentille. Työterveyslaitos, Helsinki 2008. (Myös PDF-versio.)

35. Hakala, Erkki, Kiilunen Mirja, Santonen Tiina, Mikkola Jouni: Biologinen monitorointi vuositilasto 2007. Työterveyslaitos, Helsinki 2008. (Myös PDF-versio.)
36. von Bonsdorff Monika, Janhonen Minna, Vanhala Sinikka, Husman Päivi, Ylöstalo Pekka, Seitsamo Jorma, Nykyri Erkki: Henkilöstön työkyky ja yrityksen menestyminen vuosina 1997–2007-tutkimus metalliteollisuudessa ja vähittäiskaupan alalla. Työterveyslaitos, Helsinki 2009. (Myös PDF.)
37. Hongisto Valtteri, Häggblom Henna: MAKSI hankkeen loppuraportti – Toimistojen mallinnettu ja koettu sisäympäristö. Työterveyslaitos, Helsinki 2009.
38. Mäki Susanna: 9th European seminar on Personal Protective Equipment. 29.–31.1.2008 in Spa Hotel Levitunturi, Levi, Finland. Työterveyslaitos, Helsinki 2009. (Myös PDF-versio.)
39. Saarinen Pekka: Ilmastoinnin virtausäänen laskenta. Työterveyslaitos, Helsinki 2009.
40. Häggblom Henna, Koskela Hannu: Toimiston ilmapvirtaukset ja lämpöolot jäähdytyspalkkijärjestelmässä. Työterveyslaitos, Helsinki 2009.
41. Oliva D, Häggblom H, Hongisto V: Sound absorption coefficient multi-layered materials – an experimental study (in english). Work Environment Report Series, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki 2009.
42. Laine Tarja, Peurala Marjatta, Rautio Maria, Manninen Pirjo: Asia-organisaatioiden työterveyshuollon toimintasuunnitelmien arviointi ja kehittäminen. Työterveyslaitos, Helsinki 2009. (Myös pdf.)
43. Kandolin Irja, Tilev Kristina, Lindström Kari, Vartia Maarit, Ketola Ritva: Palvelualueiden työolot ja hyvinvointi. Työterveyslaitos, Helsinki 2009.
44. Kasvio Antti, Nikkilä Riku, Räikkönen Timo: Work and its future as viewed by Finnish citizens and experts, Helsinki 2009.
45. Kiilunen, Mirja, Mikkola, Jouni, Santonen Tiina: Biologinen monitorointi, Vuositilasto 2008. Helsinki 2009. (Myös PDF.)
46. Pesonen Sanna, Lindström Pia, Meyer-Arnold Marianne, Rautio Maria, Manninen Pirjo, Kämäräinen Markku, Mäenpää-Moilanen Eija, Ylikoski Matti: Työterveyshuollon pätevoittävän koulutuksen vaikuttavuus Työterveyslaitoksella, Helsinki 2009. (Myös PDF.)
47. Saalo Anja, Vainiontalo Sinikka, Kiilunen Mirja, Tuomi Tapani: Työympäristön kemikaalien altistumismittaukset 2004–2007. Helsinki 2010. (Myös PDF.)
48. Pahkin Krista, Leppänen Anneli, Kajosaari Katri, Ala-Laurinaho Arja, Welling Irma, Väänänen Ari, Joensuu Matti, Koskinen Ari: Työhyvinvoinnin kehittäminen ja sairauspoissaolojen hallinta paperiteollisuudessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2010. (Myös PDF.)

49. Vuorinen Helena, Kivistö Sirkku, Joensuu Matti, Haapanen Ari: Työhön paluun tuesta työssä jatkamiseen – Osasairauspäivärahan tavoitteet, etuuden käyttöönotto ja jatkon haasteet. Työterveyslaitos, Helsinki 2010. (Myös PDF.)

50. Holopainen Rauno, Salmi Kari, Hintikka Eeva-Liisa, Kekäläinen Pirjo, Kähkönen Erkki, Lappalainen Sanna, Niemelä Raimo ja Reijula Kari, Työterveyslaitos, Laadukas sisäympäristö -teema, Asikainen Vesa, Kallio-koski Pentti ja Pasanen Pertti, Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos, Kakko Leila, Tampereen ammattikorkeakoulu: Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus ja puhdistaminen sairaaloiden vuodeosastoilla. Loppu-raportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2010. (Myös PDF.)

TYÖYMPÄRISTÖTUTKIMUKSEN RAPORTTISARJA 50

Työterveyslaitos 2010

Ilmanvaihtojärjestelmiin kertyy käytön aikana epäpuhtauksia, jotka saattavat erityisesti yhdessä järjestelmään päässeessä kosteuden kanssa aiheuttaa sisäilmaongelmia. Järjestelmiin kertyvät epäpuhtaudet saattavat lisäksi heikentää järjestelmien paloturvallisuutta, kasvattaa energian kulutusta sekä aiheuttaa laitteiden toimintahäiriöitä. Ilmanvaihtojärjestelmien säännöllinen puhdistaminen ja puhdistamisen yhteydessä tehtävä ilmavirtojen tasapainottaminen ovat huoltotoimenpiteitä, jotka osaltaan ylläpitävät terveellistä, turvallista, viihtyisää ja energiataloudellista sisäilmastoa rakennuksissa.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöt tulisi ajoittaa sairaaloiden vuodeosastoilla siten, että puhdistettavat osastot ovat tyhjiä puhdistustöitä tehtäessä. Osa ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustöistä joudutaan kuitenkin käytännön syistä tekemään henkilökunnan ja potilaiden ollessa osaston tiloissa. Puhdistustöiden tekeminen osaston normaalin toiminnan aikana edellyttää osaston- ja hygieniahoidajan, sairaalan teknisen ja laitoshuollon sekä puhdistajien tiivistä ja hyvää yhteistyötä. Yhteistyössä tulee panostaa riittävään ja tarkkaan tiedottamiseen.

TYÖTERVEYSLAITOS
Laadukas sisäympäristö -teema

Arinatie 3 A
00370 Helsinki

www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-018-8 (nid.)
ISBN 978-952-261-019-5 (PDF)
ISSN 1458-9311

Kannen kuva: Rauno Holopainen